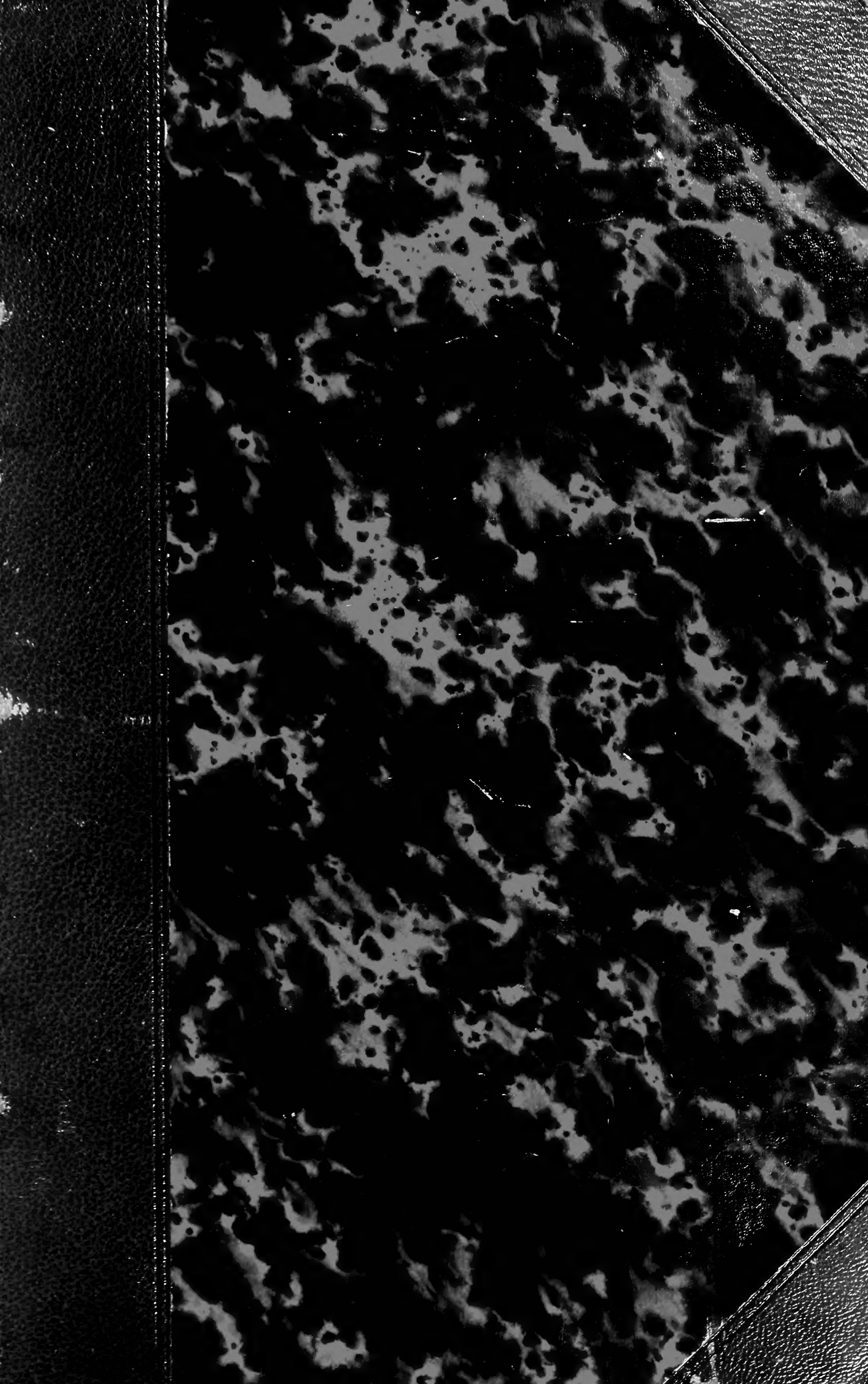
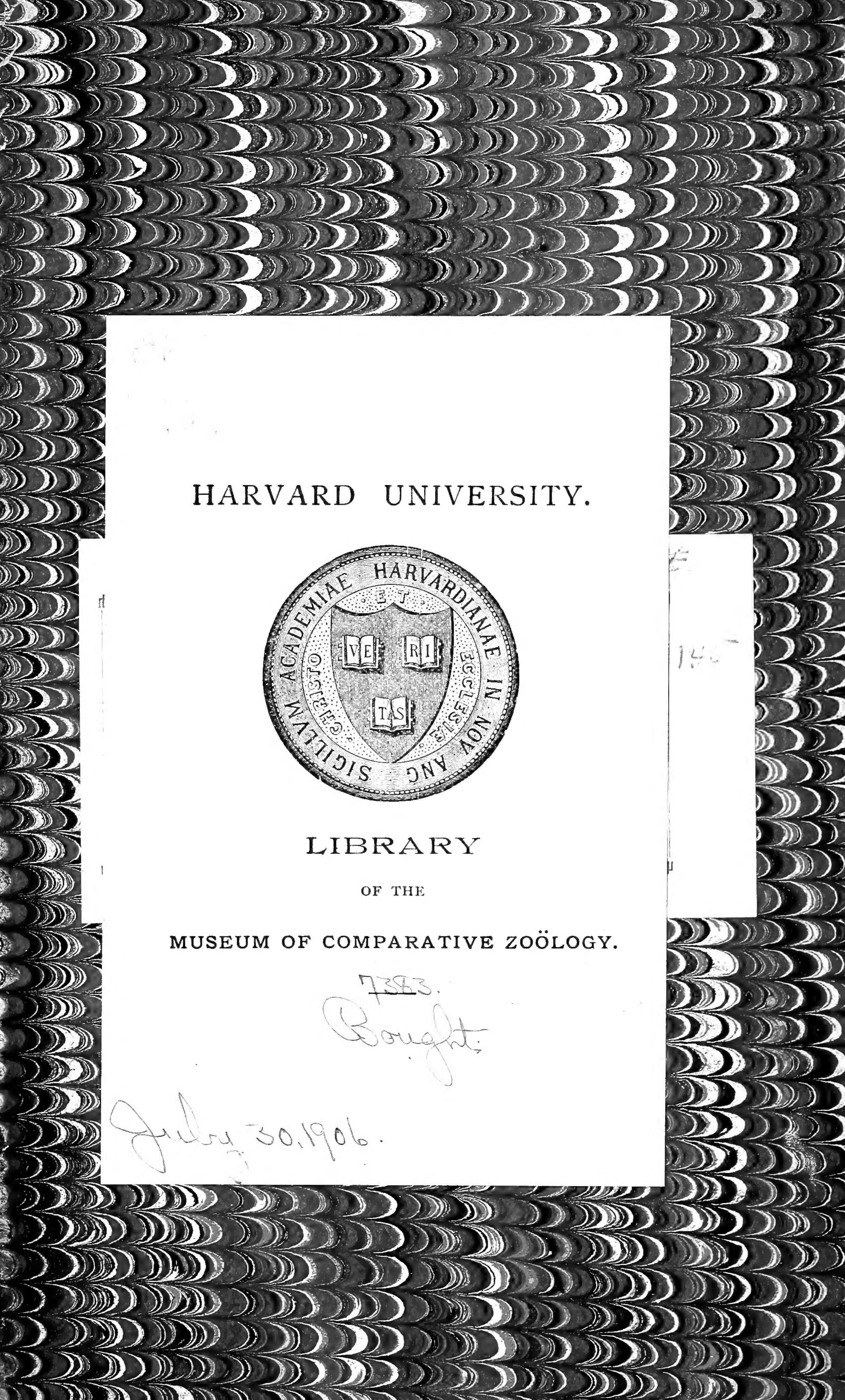
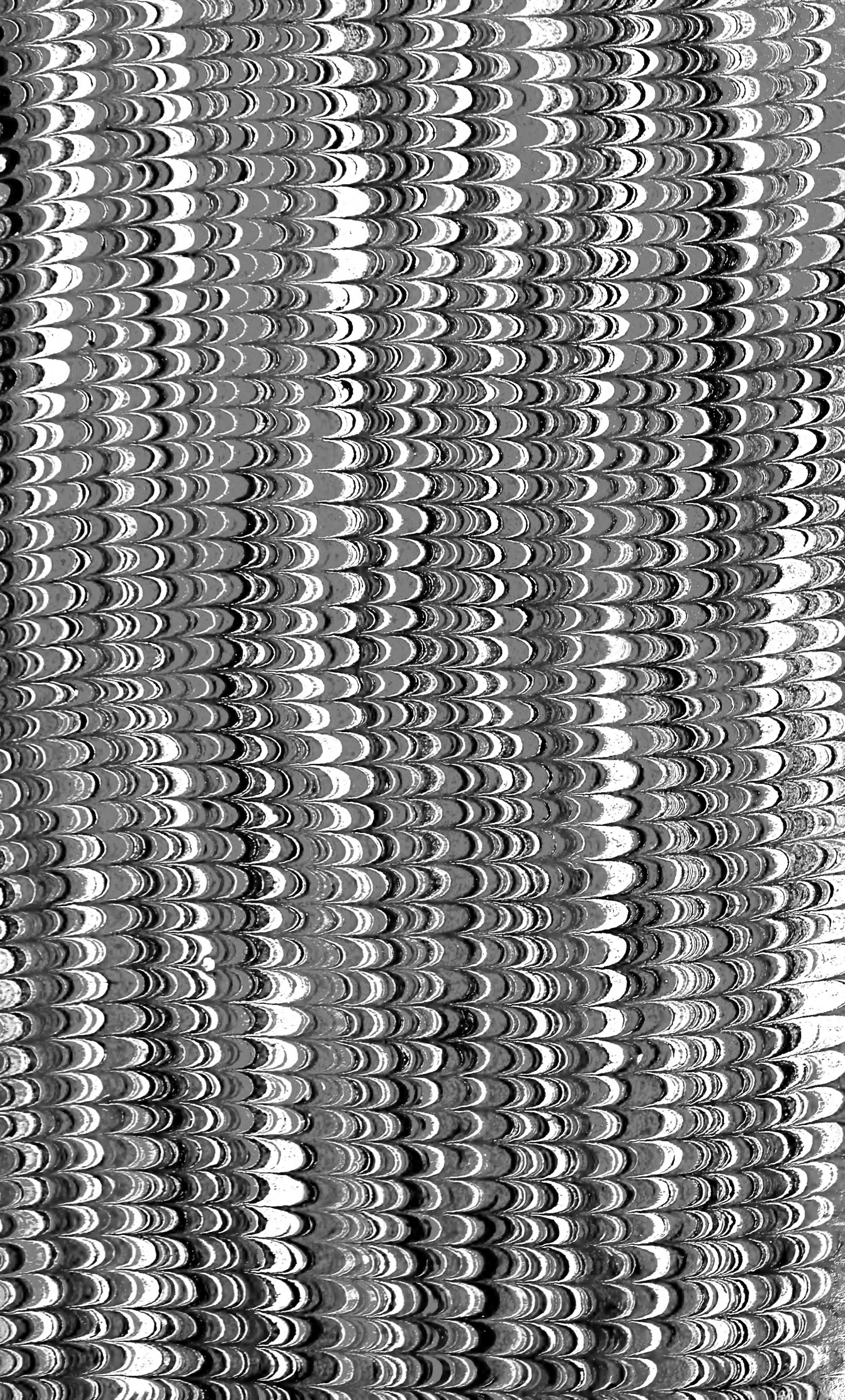
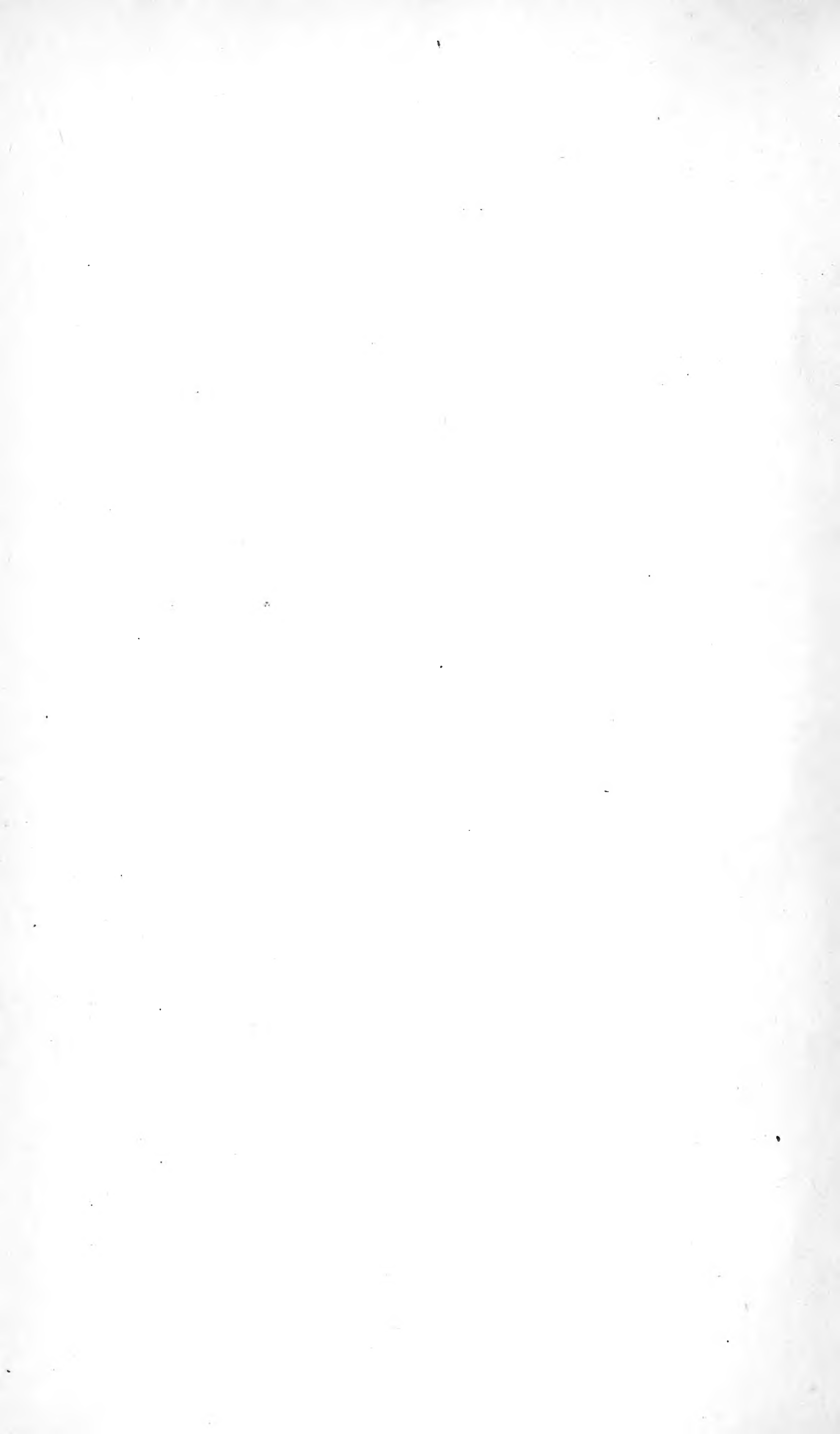
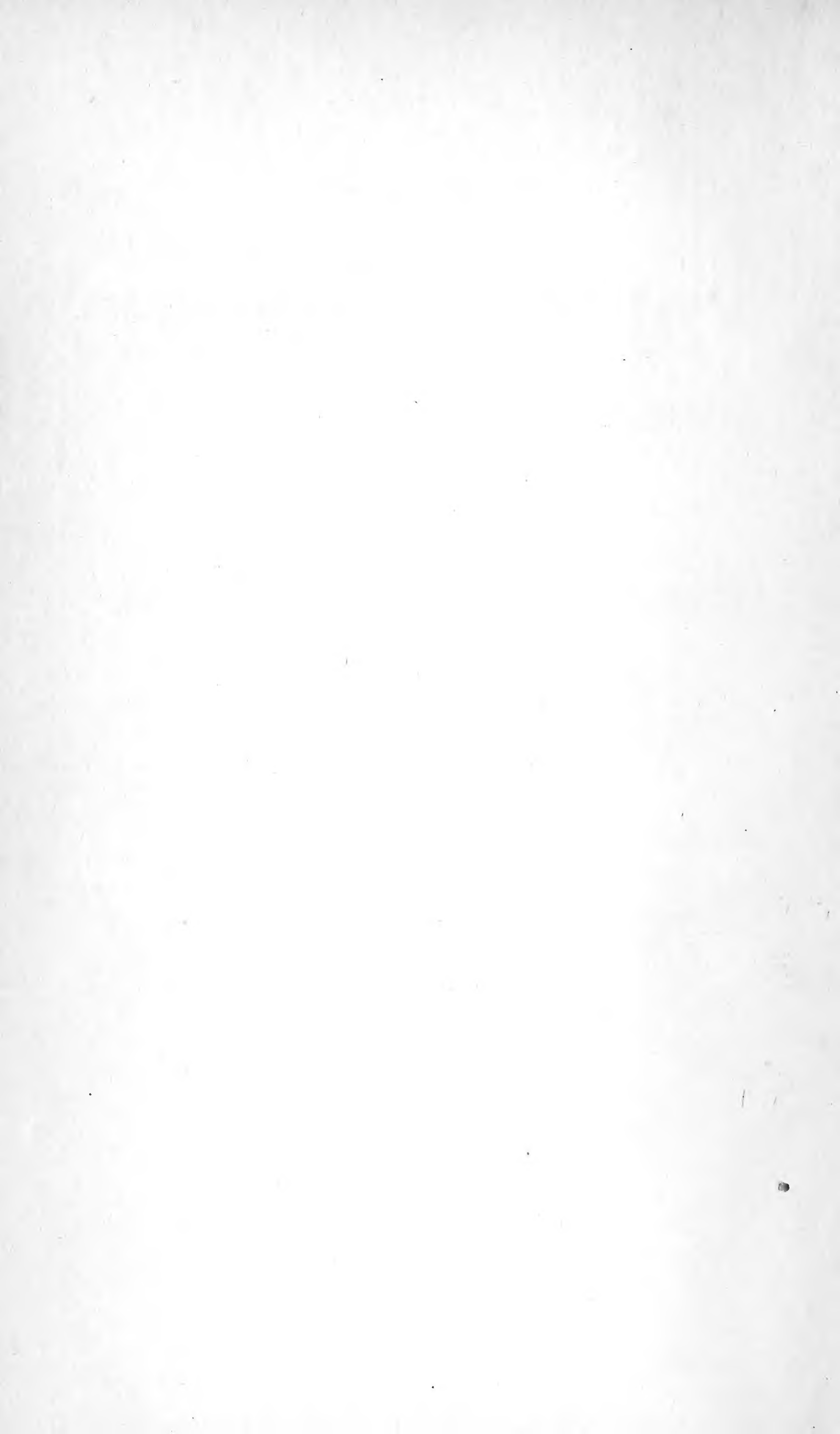












ARCHIV
FÜR
ANATOMIE, PHYSIOLOGIE
UND
WISSENSCHAFTLICHE MEDICIN.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. CARL BOGISLAUS REICHERT
PROFESSOR DER ANATOMIE UND VERGLEICHENDEN ANATOMIE, DIRECTOR DES KÖNIGLICHEN ANATOMISCHEN MUSEUMS UND ANATOMISCHEN THEATERS, MITGLIED DER KÖNIGLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE, DIRECTOR DES KÖNIGLICHEN PHYSIOLOGISCHEN LABORATORIUMS, MITGLIED DER KÖNIGLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

FORTSETZUNG VON REIL'S, REIL'S UND AUTENRIETH'S, J. F. MECKEL'S UND JOH. MÜLLER'S ARCHIV.

JAHRGANG 1876.

Mit neunzehn Kupfertafeln.

LEIPZIG.
VERLAG VON VEIT ET COMP.

Inhalts-Verzeichniss.

Seite

Adamkiewicz, Dr. Albert. Mechanische Principien der Homöothermie bei höheren Thieren und das Newton'sche Gesetz bei der Wärmeabgabe derselben. Studien über thierische Wärme. Dritte Abhandlung. (Hierzu Taf. VII A.) . . . 248

Babuchin, A. Uebersicht der neuen Untersuchungen über Entwickelung, Bau und physiologische Verhältnisse der elektrischen und pseudo-elektrischen Organe. (Hierzu Taf. XI u. XII.) . . . 501

du Bois-Reymond, E. Ueber die negative Schwankung des Muskelstromes bei der Zusammenziehung. Dritte und letzte Abtheilung . . . 123 u. 342

Boll, Prof. Franz. Neue Untersuchungen über die Structur der elektrischen Platten von Torpedo. Aus dem Laboratorium für vergleichende Anatomie und Physiologie in Rom. Vierte Mittheilung. (Hierzu Taf. VIII.) . . . 462

Colasanti, Dr. Giuseppe. Anatomische und Physiologische Untersuchungen über den Arm der Kephalopoden. Aus dem Laboratorium für vergleichende Anatomie und Physiologie in Rom. Fünfte Mittheilung. (Hierzu Taf. IX u. X.) 480

Dönhoff, Dr. Beiträge zur Physiologie . . . 236 u. 455

Dreher, Dr. Eugen. Zur Theorie des Sehens . . . 630

Erler, Dr. Hugo. Ueber das Verhältniss der Kohlensäure-Abgabe zum Wechsel der Körperwärme . . . 556

Ewald, Dr. C. Anton, I. Assistenten der medicinischen Klinik und Docenten zu Berlin. Untersuchungen zur Gasometrie der Transsudate des Menschen. Zweite Abtheilung . . 422

Frey, Hermann, aus Zürich. Anatomische Untersuchungen der Gefässnerven der Extremitäten. (Hierzu Taf. XVI u. XVII) 662

Gruber, Dr. Wenzel, Professor der Anatomie in St. Petersburg. Ueber die Glandula thyreoidea ohne Isthmus beim Menschen. (Hierzu Taf. IV.) . . . 208

— — Ueber ein aus der Epiphyse eines durch einen fortsatzartigen Anhang vergrösserten Multangulum minus entwickeltes, articulirendes neuntes Ossiculum carpi. (Hierzu Taf. V.) . . . 221

— — Ein Nachtrag zum Vorkommen des zweitgetheilten Jochbeines — Os zygomaticum bipartitum —, bei Anwesenheit des Kiefer-Schläfenbogens — Arcus maxillo-temporalis intra jugalis — Gruber. (Hierzu Taf. VI.) . . . 230

— — Ueber den Musculus atlantico-mastoideus. (Hierzu Taf. XVIII. A.) . . . 733

Seite

Gruber, Dr. Wenzel, Professor der Anatomie in St. Petersburg. Ein Musculus cleido-epistrophicus bei Existenz des Musculus cleido-mastoideus der Norm. (Hierzu Taf. XVIII. B.) 739
— — Ueber den Musculus rectus capitis anticus medius s. minimus. (Hierzu Taf. XIX. A.) 746
— — Ein neuer Fall von Musculus extensor hallucis longus tricaudatus. (Hierzu Taf. XIX. B.) 750
— — Ueber eine congenitale Articulatio hyo-thyreoidea anomala (Hierzu Taf. XIX. C.) 753
— — Ein Musculus cleido-cervicalis s. trachelo-clavicularis imus 757
— — Vorkommen des Musculus cleido-mastoideus als Musculus cleido-epistrophicus 759
— — Ein Musculus cleido-articularis 761
Hällstén, Konrad, Professor in Helsingfors. Studien über die Physiologie der Gewebselemente 242
Hartmann, Robert. Beiträge zur zoologischen und zootomischen Kenntniss der sogenannten anthropomorphen Affen. Fortsetzung. (Hierzu Taf. XIV. u. XV.) 636
Hirschberg, J, M. D. Dioptrik der Kugelflächen und des Auges. I. Theil. (Hierzu Taf. XIII.) 587
— — Optische Notizen 622
Hitzig, Dr. Eduard, Professor in Zürich. Untersuchungen über das Gehirn. Neue Folge 692
Krause, Dr. W., Professor in Göttingen. Ueber die Allantois des Menschen 204
Kurtz, F. Zur Anatomie des Blattes der Dionaea muscipula. (Hierzu Taf. I. u. II.) 1
Lotze, Dr. Ludwig, aus Göttingen. Beitrag zur Lehre vom Knochenwachsthum. (Hierzu Taf. VII. B.) 301
Munk, Hermann. Die elektrischen und Bewegungs-Erscheinungen am Blatte der Dionaea muscipula. (Hierzu Taf. I. u. III.) . . . . 30 u. 167
Pansch, Ad., in Kiel. Ueber die Lage der Nieren mit besonderer Beziehung auf ihre Percussion 327
Salomon, Dr. Georg, erster Assistent in der medicinischen Universitätsklinik zu Berlin. Beiträge zur Leukämie . . 762
Steiner, Dr. I., Assistent am physiologischen Institut in Halle. Untersuchungen über den Einfluss der Temperatur auf den Nerven- und Muskelstrom 382
Stieda, Dr. L., o. Professor an der Universität zu Dorpat. Einige Bemerkungen über die Injection von Leichen . . 778
Weyl, Th., Cand. med. in Strassburg. Ein Beitrag zur Kenntniss des vermehrten menschlichen Fruchtwassers (Hydramnion) 543
— — Versuche über dipolar-elektrische Ladung materieller in Wasser suspendirter Theilchen 712

Zur Anatomie des Blattes der Dionaea muscipula.

Von

F. Kurtz.

Hierzu Taf. I. und Taf. II.

Historisches.[1])

Die Venusfliegenfalle wurde in Europa zuerst durch getrocknete Exemplare bekannt, welche John Bartram, Königlicher Botaniker zu Philadelphia, 1764—65 an den Londoner Kaufmann und Pflanzenkundigen Peter Collinson schickte. Dieser theilte ein Exemplar der Pflanze an John Ellis mit, der dasselbe in Gemeinschaft mit Dr. Solander untersuchte und darin eine dem Sonnenthau (Drosera) nahestehende Gattung erkannte, die er Dionaea muscipula nannte. 1769 brachte William Young aus Philadelphia die sonderbare Pflanze lebend nach England. Ellis sandte nun einen Brief, der eine Abbildung, eine Beschreibung des eigenthümlichen Verhaltens der Blätter und eine Aufzählung der systematischen Charaktere der Dionaea enthielt, an Linné. Dieser Brief wurde jedoch erst 1775 publicirt (4), und Ellis gab inzwischen eine englische Beschreibung heraus, die dieselben Thatsachen wie der Brief an Linné, aber in ausgeführterer

1) Die Geschichte der Dionaea ist von J. D. Hooker in der Rede (1), die er am 21. August 1874 zu Belfast vor der British Association hielt, gegeben worden. Da jedoch weder die Reports of the British Association, noch die Zeitschriften „Nature“ (2) nnd „Gardener's Chronicle“ (3) in Deutschland allgemeiner verbreitet sind, so komme ich dem mir ausgesprochenen Wunsche, eine kurze historische Uebersicht des Erwerbs unserer Kenntnisse von der Dionaea zu geben, um so lieber nach, als Hooker's Bericht nicht ganz vollständig ist.

Weise enthält (5), und von derselben, hier colorirten Tafel begleitet ist, die dem Briefe an Linné schwarz beigegeben ist. Diese ausführlichere Beschreibung übersetzte Schreber in's Lateinische und Deutsche (6), und ausserdem erschien 1777 eine ziemlich genaue französische Uebertragung, die vermuthlich nach der Schreber'schen gemacht ist (7) Auch die Uebersetzungen sind von der Ellis'schen Abbildung begleitet.

Der Hauptinhalt des Ellis'schen Aufsatzes ist: „dass die Natur vielleicht einiges Absehen auf ihre (der Dionaea) Ernährung, bei der Bildung ihrer Blätter, gehabt haben möge. Das obere Theil derselben stellet ein Werkzeug zum Fange einer Art Nahrungsmittel vor; auf dessen Mitte die Lockspeise für das unglückliche zum Raube ausersehene Insect, lieget. Viele kleine rothe Drüsen, die die obere Fläche des Blattes bedecken, und einen vielleicht süssen Saft ausschwitzen, locken das Thierchen an denselben zu kosten; in dem Augenblicke, da dessen Füsse diese zarte Theile berühren, werden die zween Lappen des Blattes durch den Reiz in Bewegung gesetzt, schlagen einwärts zusammen, fassen das Thierchen, legen die Stacheln am Rande in einander und drücken das Thierchen todt. Damit aber nicht die Bemühungen des Thierchens, sein Leben zu erhalten, zu seiner Befreiung gereichen können; so befinden sich drei kleine Stacheln in der Mitte jedes Lappens zwischen den Drüsen aufgerichtet, welche allem seinem Bestreben ein Ende machen.“ Ellis bemerkt ferner, dass die Pflanze keinen Unterschied zwischen einem Thier und einer vegetabilischen oder anorganischen Substanz macht, und dass die Drüsen der Blattoberseite an Pflanzen, die in der Sonne gewachsen, schön hellroth sind. Er kannte auch bereits die Sprödigkeit und Zerbrechlichkeit der Blattspreite, und hatte schon beobachtet, dass die Empfindlichkeit der Dionaea vom Wetter beeinflusst wird.

Schreber stellt in der Vorrede zu seiner Uebersetzung (1771) die Bewegungen der Dionaea zu den schon längst bekannten Bewegungserscheinungen der Mimosen, Oxalis u. s. w. und sagt gegen das Ende der Vorrede: „Unglaublich aber scheint, was darin gemuthmaasset wird, dass die Pflanze

von den zwischen ihren Blättern zerdrückten Insecten einige Nahrung ziehe.“

Dieselbe Ansicht über die Natur der Bewegungen der Fliegenfalle äussert Linné (8): „Sensibilia sunt folia, ut dum insectum irrepat aut insideat folio, se claudant conduplicatis lateribus et decussatis ciliis marginalibus, detinentia etiam insectum aculeis paginae superioris, usquedum lassum quiescat, tumque dimittunt.“

Broussonet (9) stellte die Ansicht auf, dass das Zusammenklappen des Blattes dadurch hervorgebracht würde, dass durch die Berührung desselben eine Flüssigkeit, die das Blatt in Spannung hielt, veranlasst wird, aus demselben herauszuströmen: „la piquûre paroit déterminer un dégagement de fluide qui retenoit la feuille ouverte en remplissant ses vaisseaux“ (l. c. p. 614).

E. Darwin (10) meinte, die Dionaea umgebe sich mit Insectenfallen, um Zerstörungen ihrer Blüthen zu verhindern.

Ungefähr zu Anfang unseres Jahrhunderts entdeckte der Pflanzenzeichner Sydenham Edwards, dass „the small spines, mentioned and figured by Ellis, are the only irritable points, and that any other part of the leaf may be touched with impunity“ (11).

Die erste gute Beschreibung der Lebensweise der Venusfliegenfalle gab Rev. W. Curtis (12) 1834 in einer Aufzählung der um Wilmington in Nord-Carolina — dem einzigen Ort wo, soweit bis jetzt mit Sicherheit bekannt, die Dionaea wild vorkommt — wildwachsenden Pflanzen. Er fand, ohne Edwards' Entdeckung zu kennen, dass die drei Härchen auf jeder Blatthälfte der alleinige Sitz der Reizbarkeit seien; dann berichtigte er die Behauptung Ellis', dass die Blätter beim Zusammenklappen die gefangenen Insecten zerquetschen. Er beobachtete zuerst, dass die Thierchen in den geschlossenen Blättern häufig von einer schleimigen Flüssigkeit umgeben sind: „at other times I have found them (the insects) enveloped in a fluid of a mucilaginous consistence, which seems to act as a solvent, the insects being more or less consumed in it.“ Diese Beobachtung machte es ihm wahrscheinlich, dass die

Insecten der Pflanze mit zum Unterhalt dienten, doch hielt er diese thierische Nahrung für die Existenz der Pflanze nicht für nothwendig.

Charles Morren (13), der Verfasser zahlreicher Aufsätze über Bewegungserscheinungen an den Pflanzen, machte die ersten Beobachtungen über die Entwickelungsgeschichte der Blätter der Dionaea, die bis dahin von den Autoren gänzlich unberücksichtigt geblieben war. Er constatirte, dass der Blattstiel bereits seine volle Grösse zu einer Zeit erreicht, zu der die Lamina noch sehr klein und unentwickelt ist, und dass die Reizbarkeit der Blätter sich erst zeigt, wenn die beiden Hälften der Lamina sich ausbreiten. Dann fügt er aber irrthümlich hinzu: „Remarquons maintenant que lorsque les bords des lobes sont encore enroulés sur eux-mêmes, la partie externe de l'enroulement forme un bourrelet longitudinal, séparé de la nervure médiane par une foule de stries perpendiculaires à cette nervure, et que c'est ce bourrelet qui plus tard deviendra le siège de l'irritabilité. C'est évidemment dans la Dionée l'analogue du coussinet ou pulvinus des feuilles de la sensitive[1]).“

Die ersten anatomischen Kentnisse des Dionaeablattes verdanken wir F. J. F. Meyen (14). Er beschreibt ganz richtig den Bau (soweit seine Instrumente dies ermöglichten) und die Vertheilung der Sternhaare, nur giebt er fälschlich an, dass auf den Randborsten sich dieselben Drüsen, wie auf der Blattoberseite, befinden; er bemerkt auch, dass die Spaltöffnungen reichlich auf beiden Seiten des Blattstiels, weniger häufig auf der Unterseite und sehr selten auf der Oberseite der Lamina vorkommen. Von den Drüsen der Blattoberseite sagt er, dass sie zu den Scheibendrüsen wie die des Hopfens und der Ribes

---

1) Der II. Band des „Horticulteur Belge,“ einer auch in Belgien ziemlich seltenen Zeitschrift, stand mir nicht zur Verfügung. Herr Prof. E. Morren in Lüttich war indess so gütig, mir einen Auszug der Arbeit seines Vaters zu schicken, und diesen Auszug habe ich hier citirt. Ich ergreife diese Gelegenheit, Herrn Prof. E. Morren für die grosse Liebenswürdigkeit meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

nigrum gehören, und da er nie ein Secret an ihnen wahrgenommen, spricht er die — irrige — Meinung aus, dass sie in eine innere Höhle secerniren. Die auffallende Structur der Lamina, ihre eigenthümliche Nervatur schildert er zutreffend, auch die Tendenz des Fibrovasalstrangs der Blattspreiten-Mittelrippe, sich zu theilen, hat er beobachtet. Indess enthalten seine Mittheilungen auch viel Irrthümliches, was zum Theil darin seine Erklärung findet, dass die von ihm untersuchten Pflanzen in schlechtem Zustande gewesen sind, wie man aus verschiedenen seiner Angaben folgern kann[1]). Der Sitz der Reizbarkeit ist nach Meyen die Mittelrippe; die sensiblen Härchen der Blattoberseite und ihre Function, die er aus Ellis' und Curtis' Mittheilungen kannte, erwähnt er in seiner Arbeit gar nicht. Ferner sollen die jungen Blätter Schlafbewegungen zeigen; weder Hr. Prof. Munk, noch Hr. Universitätsgärtner Barleben, der die Dionaea schon seit Jahren beobachtet, noch ich haben Schlafbewegungen an ihr wahrgenommen. Wegen der vom Typus des Dicotylenblatts etwas abweichenden Nervatur hielt Meyen die Lamina für ein Anhangsgebilde, wie die Becher von Nepenthes, den Petiolus dagegen für das eigentliche Blatt. Die von Dassen (15) aufgestellte Ansicht, dass jede Blattspreitenhälfte der Dionaea eigentlich ein Blatt, Dionaea mithin eine Pflanze mit gefiederten Blättern (wie die Mimosen) sei, widerlegt Meyen durch Hinweis auf die Vertheilung der Gefässstränge. Als reizbares Gewebe betrachtet er die Epidermis der Oberseite der Blattmittelrippe; der Reiz wird dann durch die unter der Epidermis gelegenen Zellen auf das Gefässbündel übertragen, von dem aus „durch Zusammenziehung der Seitennerven das Zusammenfalten der beiden Lappen erfolgt, wobei sich aber auch das, in dem Grunde der Falte liegende Zellengewebe zusammenzieht und nicht etwa mechanisch zusammengequetscht

---

1) Z. B. daraus, dass bei uns die Blätter der Dionaea sich zu langsam schliessen sollen, als dass sie Insecten fangen könnten; und dass nur junge Blätter reizbar seien, erwachsene dagegen unter einem Winkel von 45—60° geöffnet verharren sollen.

wird“ (a. a. O. S. 550). Dass die gefangenen Insecten der Pflanze irgendwie zur Nahrung dienen sollen, ist Meyen sehr unwahrscheinlich.

Nach einer Pause von 30 Jahren erschien ein Aufsatz von W. M. Canby (16), in dem die Vermuthungen Ellis’ und Curtis’, dass die Fliegenfalle gefangene Thiere verdaue, zuerst experimentell bestätigt wurden. Canby fand, dass „das Blatt, wenn es gesund und seine Beute eine angemessene, eine vielleicht dem Magensaft der Thiere vergleichbare Flüssigkeit abscheide, die das Insect auflöst und zur Aufsaugung durch das Blatt zubereitet.“ Er machte im Juni und Juli 1868 Versuche mit Stückchen von rohem Fleisch und von Käse, die er auf die Blätter brachte, so dass sie sich schlossen, und beobachtete, dass von der Oberseite der Blätter reichlich ein Saft secernirt wurde, der das Fleisch löste, und dann vom Blatt resorbirt wurde. Er bemerkte dabei, dass die Blatthälften sich so fest an einander schlossen, dass man die Gestalt des innen befindlichen Fleischstücks schon von aussen erkennen konnte. Er fand ferner, dass Käse eine verderbliche Wirkung auf die Blätter ausübt, indem er sie erst schwarz färbt und dann tödtet. Auch die Thatsache, dass mit jedem Fange von Insecten die Reizbarkeit der Blätter abnimmt, und dass dieselben zuletzt sich gar nicht mehr schliessen, wenn ein Thierchen über sie hinkriecht, wurde schon von Canby constatirt.

Ein neues Kapitel in der Kenntniss der Dionaea wurde durch die Untersuchungen Burdon Sanderson’s (17) begonnen, der das Vorhandensein eines elektrischen Stromes in der Blattspreite von der Basis zur Spitze nachwies und ferner zeigte, dass, wenn das Blatt gereizt wird und sich in Folge dessen schliesst, eine negative Schwankung auftritt, analog der negativen Schwankung beim Zucken eines Muskels.[1])

Die beiden Veröffentlichungen, welche noch zwischen die ebenerwähnte Arbeit und Darwin’s umfassendes Werk

1) Da an diese Arbeit die Untersuchungen des Hrn. Prof. Munk sich anschliessen, so ist es nicht nöthig, hier genauer auf dieselbe einzugehen.

fallen, sind eigentlich nur Vorläufer des letzteren. Es sind dies die Rede Burdon Sanderson's (18) vom Juni und die Rede Hooker's (1) zu Belfast vom August 1874. Erstere enthält einige der von Darwin über die Verdauung von Dionaea erlangten Resultate, die dieser Burdon Sanderson mitgetheilt hatte. Hooker's Rede ist vorwiegend historisch; sie theilt die Geschichte der auf den Fang und die Verdauung von Insecten bezüglichen Beobachtungen an Drosera, Dionaea, Sarracenia, Darlingtonia und Nepenthes mit und giebt von den letzten drei Pflanzengattungen auch Beschreibungen der die Fangapparate bildenden Gewebe. An Nepenthes hat Hooker Verdauungsversuche angestellt und gefunden, dass die Secretion bei Gegenwart von Fleisch, Eiweiss u. dergl. zunimmt, und dass der abgeschiedene Saft stark verdauende Eigenschaften besitzt.

In Darwin's Buch (19) ist der Dionaea das 13. Kapitel gewidmet. Darwin bemerkt zunächst, dass die Venusfliegenfalle nur wenige und verhältnissmässig kleine Wurzeln besitze, die jedenfalls, wie die der Drosera, nur zur Aufnahme von Wasser dienen (S. 286)[1]). Von den Drüsen der Blattspreiten-Oberseite, deren Vertheilung und Färbung er richtig angiebt, sagt er, dass sie aus 20—30 Zellen bestehen, und dass ihre Oberfläche convex sei (von der Seite gesehen gewähren sie auch diesen Anschein). Darwin stellt zuerst fest, dass die Drüsen absorptionsfähig sind und nur nach einem vorangegangenen Reiz secerniren, und dass als Reiz nur die Absorption stickstoffhaltiger Substanzen wirkt (S. 295—96). Von den achtstrahligen Sternhaaren wird ein sparsames Vorkommen auch auf der Oberseite der Lamina angegeben (S. 288) (ich habe dort nie welche gesehen). Der Bau der sensiblen Haare wird ganz zutreffend geschildert, die Abwesenheit jedes Gefässbündels in denselben zuerst constatirt und schliesslich die Meinung aufgestellt, dass die Gliederung der Haare nahe ihrer Basis das Abbrechen derselben beim Zuklappen des Blatts verhindere (S. 288). (Als „Gelenk" ist die erwähnte Gliederung nicht auf

1) Hierauf wird noch Bezug genommen werden.

zufassen, und dann kreuzen sich die sensiblen Haare beim Schliessen eines Blatts höchstens mit ihren Spitzen, berühren aber wohl nie die gegenüberliegende Blatthälfte. In den Zellen der sensiblen Haare hat Darwin einen Rotationsstrom, wie in den Tentakelzellen von Drosera, beobachtet (S. 291). (Mir ist diese Erscheinung entgangen.) Die Eigenthümlichkeit des zelligen Aufbaues der Lamina — ihre Zusammensetzung aus Schichten länglicher Zellen, deren Längsaxen senkrecht zur Blattmittelrippe stehen, und die von den beiden Epidermisschichten aus nach innen zu an Grösse zunehmen, während zugleich ihre Wandungen dünner werden — hebt Darwin richtig hervor (S. 316)[1]. Besonders erwähnt er noch die dicke Masse von Zellgewebe, welche den Raum zwischen dem Fibrovasalstrang und der Oberseite der Blattmittelrippe ausfüllt. Auch die Vertheilung der Gefässbündel, die Schleifenbildung derselben am Blattrande, das Abgehen dünner Stränge in die Randstacheln hat Darwin beobachtet (S. 313—14). Zur Fortleitung eines Reizes, der auf ein sensibles Haar ausgeübt worden, fand er das Fibrovasalsystem nicht nöthig (S. 314—15).

Die Medien und die äusseren Eindrücke, welche auf die sensiblen Haare als Reiz wirken, werden ausführlich besprochen; ebenso die Unterschiede zwischen den Veränderungen, welche die sensiblen Haare der Dionaea einerseits, die Drüsen der Drosera andererseits nach einem Reiz zeigen (S. 288—294). Die Oberfläche der Blätter ist kaum reizbar; nur das zwischen den sensiblen Haaren gelegene Dreieck scheint empfindlicher zu sein. Einschneiden oder tief eindringendes Kratzen der Blatthälften oder der Mittelrippe bringt Schliessung hervor (S. 294).

Die Secretion fand Darwin farblos, etwas schleimig und anscheinend saurer als die der Drosera (S. 296).

Ausser der schnellen Bewegung, welche die Blatthälften nach Berührung eines sensiblen Haares ausführen, wird durch die Absorption löslicher stickstoffhaltiger Substanzen (die man, entfernt von den sensiblen Haaren, auf die Oberseite der La-

1) Meyen's Arbeit war Darwin nicht bekannt.

mina gebracht hat) noch ein sehr langsames Zusammenklappen des Blatts bewirkt (S. 296—298). Eine dieser ganz analoge und auf dieselbe Ursache — die Absorption stickstoffhaltiger Substanz — zurückzuführende Bewegung tritt auf, wenn ein Blatt ein Insect gefangen hat, oder wenn man, mit Berührung der sensiblen Haare, ein Stückchen Fleisch oder dergl. in das Blatt gebracht hat. Nach einiger Zeit fangen alsdann die beiden Hälften des geschlossenen Blattes an sich fest aneinander zu pressen, so dass auf ihrer Aussenseite die Umrisse des eingeschlossenen Körpers hervortreten (S. 307—308), wie letzteres schon Canby beobachtet hat.

Wenn die Drüsen absorbirt haben, zeigt sich in ihren Zellen die von Darwin „Aggregation" (S. 38) genannte Erscheinung. Die sensiblen Haare zeigen die Aggregation nicht (S. 299—300; 290).

Die zuerst von Canby angestellten Verdauungsversuche hat Darwin in ausgedehnter Weise wiederholt (S. 301—304) und constatirt, dass hartgekochtes Eiweiss, halbgebratenes Fleisch und Gelatine von dem Secret der Dionaea verdaut werden. Das Secret mit den darin gelösten Bestandtheilen wird darauf von den Drüsen resorbirt. Fett- und Bindegewebe werden vom Secret nicht angegriffen, ebenso Käse und rein dargestelltes Casëin; die beiden letztgenannten Substanzen rufen eine sehr reichliche Secretion hervor.

Chloroform, Schwefeläther und Cyanwasserstoffsäure wirken mehr oder weniger verderblich auf die Pflanze (S. 304—305).

Hat sich ein Blatt nach Berührung eines sensiblen Haares oder über einem anorganischen Körper geschlossen, so ist es nach durchschnittlich zwei Tagen wieder vollkommen geöffnet und ist, noch ehe es seine ursprüngliche Stellung wieder eingenommen hat, fähig, sich nach erneutem Reiz wieder zu schliessen (S. 306—307). Hat sich dagegen ein Blatt über einem Insect, einem Stückchen Fleisch, Eiweiss oder dergl. geschlossen, so öffnet es sich erst nach mehr als einer Woche wieder, ist dann mehr oder weniger „torpid", für Reize unempfänglich, und überhaupt nicht mehr oder erst nach längerer

Zeit wieder fähig, einen neuen Fang zu thun. Nicht gerade selten bleiben die Blätter über ihrer ersten Beute für immer geschlossen und welken nach längerer Zeit (S. 309—310). Im Vaterlande der Dionaea scheinen die Folgen eines Fanges weniger angreifend zu sein (S. 311; vergl. Canby a. a. O.).

Der Hauptsitz der Bewegung ist nach Darwin die Zellmasse, welche oberhalb des Gefässbündels der Blattmittelrippe sich befindet (S. 305—306; S. 317); doch ist die Bewegung nicht auf sie beschränkt, sondern auch die beiden Blattflügel haben Theil an derselben (S. 305—306). Und zwar bemerkt Darwin, dass die unteren Schichten der Blattspreite stets in einem Spannungszustande zu sein scheinen, und „that it is owing to this mechanical state, aided probably by fresh fluid being attracted into the cells, that the lobes begin to separate or expand as soon as the contraction of the upper surface diminishes“ (S. 319).

Literatur.

1. Report of the Meeting of the British Association at Belfast, 1874.
2. Nature, Vol. X. 1874. No. 253, p. 366.
3. Gardener's Chronicle, 1874, Aug. 29, p. 260—61.
4. Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis. Vol. I. Upsaliae 1773, p. 98—101.
5. John Ellis, Directions for bringing over seeds and plants from the East Indies etc. to which is added the figure and botanical description of Dionaea muscipula. London 1770.
6. Joh. Ellis De Dionaea muscipula planta irritabili nuper detecta etc. Aus dem Englischen übersetzt und herausgegeben von D. J. C. D. Schreber. Erlangen 1771. — Zweite Auflage 1780 (Erlangen).
7. Observations sur la Physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts etc. par Mr. l'abbé Rozier. Tome X. Paris 1777, p. 18—21.
8. Car. a. Linné. Mantissa plantarum altera. Holmiae 1771. p. 238.
9. Histoire de l'Académie royale des sciences. Année 1784. Paris 1787, p. 601—621.
10. Botanic Garden, Part II. p. 15.
11. Curtis' Botanical Magazine, Vol. XX. 1804, p. 785.
12. Boston Journal of Natural History, Vol. I. 1834, p. 123—125.

Auszüge hieraus in: W. J. Hooker, Companion to the Botanical Magazine etc. Vol. II. London 1836, p. 5. — F. J. F. Meyen, Jahresbericht über die Resultate der Arbeiten im Felde der physiologischen Botanik von dem J. 1837, Berlin 1838, S. 158. — Wörtlich angeführt ist die ganze das Blatt und seine Fangart schildernde Beschreibung von Curtis in: Gray and Sprague, Genera florae Americae boreali-orientalis illustrata, Vol. I. Boston 1848, p. 195.
13. Horticulteur Belge, T. II. 1834, p. 71.
14. F. J. F. Meyen, Neues System der Pflanzenphysiologie, Band III. Berlin 1839, S. 543—550.
15. Natuurkundige Verhandelingen van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Harlem, 22. Deel, Harlem 1835, p. 283.
16. Meehan's Gardener's Monthly, 1868, p. 229—31. Oesterreichische Botanische Zeitung, 1869, S. 77—81.
17. Report of the British Association, 1873, p. 133. Proceedings of the Royal Society, Vol. XXI. No. 147, p. 495. Letztere Publication ist unverkürzt wiedergegeben im Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften, 1873, No. 53, und daraus abgedruckt in der Botanischen Zeitung 1874 (XXXII. Jahrg.), S. 6—8.
18. Nature, Vol. X. No. 241, June 1874, p. 105 etc.
19. Ch. Darwin, Insectivorous Plants, London 1875. p. 286—320.

Untersuchung.

Die Venusfliegenfalle ist eine perennirende Pflanze. Sie besitzt einen kriechenden Stengel, dessen Vegetationsspitze die Tendenz hat, nach unten zu wachsen, wie dies in Fig. 1 angedeutet ist. Man kann aus dieser Art des Wachsthums schliessen, dass Dionaea im wilden Zustande an abhängigen Stellen vorkommt, an denen sie im Laufe der Vegetationsperioden schrittweise von ihrem ursprünglichen Standorte nach unten fortrückt. Diese Ansicht wird durch die Angabe Canby's (Oesterr. bot. Zeitschr. 1869, S. 78), dass sie in ihrer Heimath (der Umgegend von Wilmington, Nord-Carolina) in feuchtem, fettem Boden am Rande der Brüche und Moorgründe wachse, bestätigt; eine Sumpfpflanze, wie Drosera rotundifolia, ist Dionaea nicht.

An der Axe stehen nach Hrn. Prof. A. Braun's Beobachtungen die Blätter ungefähr in $^3/_8$ Stellung. Die Spirale wird nämlich dadurch, dass der Stengel mit seiner Unterseite

dem Boden dicht anliegt, und die Blätter sich einseitig nach oben krümmen, etwas unregelmässig. — Die Blätter sind an ihrer Insertionsstelle öhrchenartig erweitert, und zwar je nach ihrer Einfügungsstelle am Stengel verschieden. Die, welche auf der Mittellinie der cylindrischen Axe stehen, haben Oehrchen, welche beiderseits symmetrisch, gleich gross entwickelt sind (Fig. 1A, a); je weiter aber die Insertionsstellen sich von der Mittellinie entfernen und eine seitliche Stellung einnehmen, desto einseitiger entwickeln sich die Oehrchen (Fig. 1A, b).

Unmittelbar hinter jedem Blatt entspringt eine Wurzel, die eine Länge von 10—15 Cm. erreicht, unverzweigt und etwas fleischig ist. Nur hinter den Blättern, die auf der Mediane des Stengels inserirt sind, entspringt keine Wurzel.

Während einer Vegetationsperiode, die bei den Pflanzen des Berliner Universitätsgartens Ende Februar oder Anfang März beginnt, und bis Ende October dauert, scheint ein kräftiges Individuum 20—25 Blätter zu entwickeln.

Die Internodien sind äusserst kurz, so dass die Oehrchen, welche der Axe dicht anliegen und etwas übereinandergreifen, derselben eine flüchtige Aehnlichkeit mit einer schuppigen Zwiebel, aus der unten zahlreiche Wurzeln entspringen, verleihen. In der Schreber'schen Uebersetzung des Briefes von Ellis an Linné heisst es S. 14: „Die Wurzeln sind schuppig, und haben nur wenige Zasern, wie an einigen Zwiebelgewächsen.“ Ch. Morren nennt in seinem Aufsatz über die Dionaea die „Wurzel“ „écailleuse comme le bulbe d'un lis“, und Darwin spricht von einem „bulbous enlargement“ (p. 286).

Der schon sehr frühzeitig angelegte Blüthenschaft (er war bei Exemplaren, die am 15. Mai 1875 blühten, am 17. März schon 2—2·5 Cm. lang) scheint terminal zu sein, und der die Hauptaxe fortsetzende Spross scheint aus der Achsel des obersten Laubblattes zu entspringen. Axillarknospen sind überhaupt an der Dionaea, wie an Drosera, nichts Seltenes.

Nach der Blüthe stirbt die Hauptaxe an ihrem hinteren Ende allmählich mehr und mehr ab, so dass zu Anfang des Winters nur noch die Spitze der Vegetationsaxe — ganz ana-

log dem Verhalten von Drosera — vorhanden ist. Im Berliner Universitätsgarten tritt jedoch keine eigentliche Winterruhe ein; die im Hause stehenden Pflanzen entwickeln auch während des Winters Blätter, die indess sehr klein bleiben.

Wie Drosera bildet auch Dionaea leicht Adventivknospen. Eine eigenthümliche, den Gärtnern schon lange bekannte Vermehrungsart der Venusfliegenfalle besteht darin, dass man den Blüthenschaft vor Beginn des Aufblühens abschneidet und einpflanzt; es bilden sich dann dicht unter den untersten Tragblättern der Blüthen Wurzeln, und eine neue Pflanze wächst empor.

Das Blatt der Dionaea muscipula zerfällt seinen äusseren Umrissen nach in drei Abschnitte: den geflügelten Blattstiel, den ungeflügelten Theil desselben, welcher als Zwischenglied bezeichnet werden soll, und die Blattspreite.

Die Länge der erwachsenen Blätter, den Blattstiel mit eingeschlossen, schwankt zwischen 2·2—12·0 Cm. und beträgt meist 5·1—7·0 Cm. Die auffallende Länge von 12 Cm. wurde nur an einigen Stöcken beobachtet, die Hr. Prof. Munk im Frühjahr 1875 aus dem Institut von Veitch u. Co. in London jung bezogen hatte. Diese Exemplare wichen schon im Habitus wesentlich von den sonst in unseren Gärten sich findenden Pflanzen und auch von allen mir bekannt gewordenen Abbildungen ab, indem die Blattstiele, statt dem Substrat mehr oder weniger anzuliegen, sich in ziemlich spitzen Winkeln (von ungefähr 70—75°) von demselben erhoben (Fig. 1, a, b) und die Lamina frei in der Luft trugen. Die Blattspreite dieser Pflanzen zeigte in der Grösse keine Besonderheiten, wohl aber in der Gestalt (s. u.). Der Blattstiel dagegen zeigte in Länge und Breite bedeutende Abweichungen der Art, dass gegenüber der sonstigen Länge von 1·2—3·72 Cm. und der sonstigen Breite von 0·4—1·5 Cm. die Blattstiele der Veitch'schen Pflanzen 6·75—9 Cm. lang und 0·75—1·2 Cm. breit waren. Ausser diesen Pflanzen ist mir nur noch ein getrocknetes Exemplar vorgekommen, welches die eben erwähnten Eigenthümlichkeiten des Blattstiels und der Lamina zeigt. Dasselbe befindet sich im Generalherbar des Kgl. botanischen Museums

zu Berlin und stammt ebenfalls aus einem englischen Garten, wie die Etiquette „Dionaea muscipula L, Hort. Kennedyan. 1816, Herb. Willdenow“ angiebt.

Der Blattstiel ist geflügelt, von eiförmigem bis langkeilförmigem Umriss. Seine breiteste Stelle liegt im obersten Viertel seiner Länge, wenig unterhalb des Zwischenglieds. Die Flügel sind meist ganzrandig; mitunter treten an der breitesten Stelle des Stiels 3—6 kleine Zähne auf, oder der ganze Blattrand der oberen Hälfte ist feingezähnelt (Fig. 1, c, e). Der Petiolus wird seiner ganzen Länge nach von einer starken Mittelrippe durchzogen, die auf der Unterseite sich bedeutend über die Blattstielfläche hervorwölbt. Ungefähr im Centrum der Mittelrippe, etwas nach oben gerückt, liegt das grosse Gefässbündel, das Stengel und Blatt durchläuft. Der Querschnitt desselben ist fast kreisrund. Es wird von einer Strangscheide umgeben, welche an der Ober- und der Unterseite des Fibrovasalstrangs 3—4, an den Seiten 1, höchstens 2 Zellen stark ist. Dieselbe besteht aus länglichen, cylindrischen Zellen mit gelblichen, stark verdickten Wänden; ihre Zellen enthalten, besonders in jüngeren Blättern, zahlreiche Stärkekörner, die genau die Gestalt der in der Epidermis der Blattoberseite sich findenden Stärkekörner zeigen.

Der von der Strangscheide gebildete Hohlcylinder wird ungefähr zur Hälfte vom Xylem, zur Hälfte vom Phloëm eingenommen. Letzteres ist der Unterseite, ersteres der Oberseite des Stengels zu gelegen. Das Xylem zeigt an der Stelle seiner stärksten Entwickelung auf dem Querschnitt ungefähr 40—45, meist sehr weite Spiral- und Tüpfelgefässe mit stark verdickten Wandungen, und zwischen diesen in geringerer Anzahl bedeutend engere Zellenzüge verlaufend. Man kann an den Xylemzellwänden hauptsächlich zwei Verdickungsformen unterscheiden: Spiral- und Tüpfelverdickung. Die der Oberseite zunächst liegenden Theile des Xylems bestehen aus Spiralgefässen, von denen die engeren eine einfache, abrollbare, die weiteren eine doppelte Verdickungsspirale zeigen. Einzelne enge Gefässe mit sehr lockerer Spirale treten auch an der Grenze des Xylems gegen das Phloëm hin

auf. Einige der weitesten Gefässe, in der Mitte des Xylems gelegen, zeigen eine Form der Verdickung, die den Uebergang von der spiraligen zur gitter- oder netzförmigen Verdickung macht, d. h. an ihnen finden sich schon Strecken der Zellwand, die ringsum von Verdickungsleisten umgeben sind. Die meisten Zellen des Xylems zeigen Tüpfelverdickung. Man findet zunächst gestreckte Zellen mit mehreren parallel ihren Längsaxen verlaufenden Reihen kleiner Tüpfel; diese Zellen (Trachëiden) greifen mit allmählich sich verjüngenden Spitzen prosenchymatisch in einander. Dann kommen ähnliche Zellen vor, die länger und weiter sind, und deren meist schief gestellte Querwände durch ein grosses rundes oder ovales Loch durchbohrt sind. Noch andere, sehr lange Zellen haben grössere, strichförmige Tüpfel, die eine mehr oder weniger spiralige Anordnung erkennen lassen. Uebrigens verlaufen zwischen den verschiedenartig verdickten Zellen noch einzelne lange, schmale Zellenzüge ohne jede Verdickung. Das Phloëm besteht aus langen, weiteren oder engeren Siebröhren, zwischen denen zahlreiche, oft bündelartig zusammengehäufte, an beiden Enden sich zuspitzende Bastzellen verlaufen. Beide Zellformen haben verdickte Wände. In den Verzweigungen des Blattnervensystems verschwinden immer mehr und mehr von den beschriebenen Elementen des Fibrovasalstrangs, bis schliesslich in den letzten Ausläufern, z. B. in den Randborsten der Lamina, nur noch 2—3 Spiralgefässe, umgeben von langen, schmalen, dünnwandigen Zellen, übrig bleiben.

Was das Gewebe des Blattstiels betrifft, so kann als allgemeingültig vorausgeschickt werden, dass alle Zellen desselben länglich, meist sogar langgestreckt sind, und dass die längere Axe der Zellen der Mittelrippe des Blattstiels parallel läuft.

Die Epidermis der Oberseite besteht aus langgestreckten, cylindrischen Zellen mit etwas verdickten Wandungen und sehr kleinem Lumen. Die Längswände der Zellen sind auf den Blattstielflügeln meist wellig gebogen, während sie auf der Blattstielmittelrippe mehr geradlinig verlaufen. Die Querwände dagegen greifen tief buchtig in einander, so

dass zickzackförmige Linien entstehen, die quer über das Blatt verlaufen. Die Zellen enthalten reichlich Chlorophyll. Zwischen ihnen entspringen, sowohl auf den Flügeln als auf der Mittelrippe, Sternhaare, die meist achtstrahlig sind. Die Stomata, welche sich auf der Oberseite ziemlich zahlreich finden, zeigen einen ovalen Umriss; ihre Spalte liegt in der Längsrichtung des Blattstiels.

Die Epidermis der Blattstiel-Unterseite (Fig. 2) zeigt im Allgemeinen dieselbe Beschaffenheit wie die der Oberseite; nur sind ihre Zellen schmaler, gestreckter und die Längswände derselben nicht so wellig. Besonders tritt dies auf der gewölbten Mittelrippe hervor, wo sogar die Spaltöffnungen häufig eine auffallend schmale, gestreckte Gestalt annehmen; ausserdem sind auf der Rippe die Wände der Epidermiszellen stärker verdickt als auf den Flügeln, und die Zellen selbst enthalten sehr wenig oder gar kein Chlorophyll. Die Mittelrippe erscheint auch heller gefärbt als die daranstossenden Flügel.

Auf die Epidermis folgen nach innen auf der Oberseite 3—4, auf der Unterseite 2—3 Schichten länglicher, cylindrischer Zellen, deren Lumen im Querschnitt ungefähr zwei- bis dreimal so gross wie das der Epidermiszellen erscheint. In den Blattstielflügeln enthalten diese Zellen, sowohl die der Unter- als der Oberseite, reichlich Chlorophyll, in der Mittelrippe dagegen findet man nur auf der Oberseite in allen Chlorophyll, während auf der Unterseite nur die der Epidermis benachbarte Zellschicht Chlorophyllkörner besitzt. Von diesen grünen Schichten aus erstrecken sich hier und da kleine Gruppen chlorophyllhaltiger Zellen nach dem Innern zu, besonders in der Nachbarschaft der Gefässbündel. Den noch übrigen Raum zwischen den beiderseitigen subepidermalen Schichten nehmen grosse, cylindrische bis prismatische, dünnwandige Zellen ein, die meist jedes geformten Inhalts entbehren oder nur wenige Stärkekörner enthalten. In der Blattstielmittelrippe bilden dieselben um den Fibrovasalstrang herum ein lockeres, in der Längsrichtung von vielen Intercellulargängen durchsetztes Gewebe; in den Blattstielflügeln sind die Zellen

etwas kleiner, nach dem Rande zu nimmt ihre Zahl ab, bis sie in der Nähe desselben ganz verschwinden und der Querschnitt nur noch die kleinen, dicht mit Chlorophyllkörnern gefüllten Zellen zeigt. Auch in den Blattstielflügeln findet man zwischen den grossen Zellen zahlreiche Intercellulargänge.

Wie schon erwähnt, verläuft ungefähr im Centrum der Blattstielmittelrippe das Hauptgefässbündel. Neben ihm verläuft rechts und links je ein dünnerer Fibrovasalstrang (Fig. 3), ähnlich wie dies Nitschke[1]) für Drosera rotundifolia beschrieben und abgebildet hat (Dr. intermedia und anglica zeigen dasselbe). Während indess bei Drosera die drei Gefässbündel sich unterhalb der Mitte des Blattstiels vereinigen, verlaufen sie bei Dionaea durch den ganzen Blattstiel im Wesentlichen getrennt; nur communiciren die beiden lateralen Fibrovasalstränge durch 3—5 kurze Verbindungsstränge mit dem centralen Hauptbündel. Von jedem der lateralen Stränge geht eine Anzahl Gefässbündelschleifen aus, die, dem Umriss des Blattstiels folgend, von unten nach oben an Grösse zunehmen; die Scheitel der Schlingen sind nach oben gerichtet. An die erste Reihe der Schlingen setzt sich eine zweite und stellenweise eine dritte Reihe an; die äussersten, dem Rande am nächsten gelegenen Schlingen folgen dem Contour desselben ziemlich genau. Von diesem geschlossenen Maschenwerk, das etwas an die Nervatur der Lamina von Drosera erinnert, gehen indess nicht, wie bei letzterer, viele freie Nerven gegen den Rand hin ab; sondern höchstens tritt in die schon erwähnten Zähnchen je ein kleiner, frei endigender Nerv. Auch die meisten der feineren Nerven, welche sich innerhalb der grossen Maschen finden, laufen in die Fibrovasalstränge aus, welche die Maschen bilden.

Die drei centralen Gefässbündel durchlaufen noch getrennt das Zwischenglied und vereinigen sich im Blattgrund zu einem Strang. Das Zwischenglied weist genau den-

---

1) Bot. Zeit. 1861, S. 233, Tab. IX. Fig. 1. Auch in Darwin's Insectivorous Plants, London 1875, ist S. 247 die Nervatur des Blattes der Drosera rotundifolia abgebildet.

selben Bau auf, wie die Mittelrippe des Blattstiels, deren directe Fortsetzung es ist. Seine Epidermiszellen zeigen nur etwas verdicktere Wände als die der Blattstiel-Mittelrippe.

Die Blattspreite zeigt im Umriss einen Kreis, aus dem an zwei gegenüberliegenden Stellen je ein Sector entfernt ist. Beide Sectoren werden durch die Blattmittelrippe, als Durchmesser, halbirt; die Spitzen der Kreisausschnitte liegen also auf dem Durchmesser, ungefähr um $^1/_3$—$^1/_4$ der Radiuslänge von der Peripherie entfernt. Die Lamina zerfällt in zwei scharf getrennte Hälften, die sich, wie die Flügel des Blattstiels, an die auch hier stark nach unten hervorgewölbte Mittelrippe (Fig. 4) anschliessen.

Am Rande verlängert sich die Blattspreite in ziemlich gleichmässigen Zwischenräumen in borstenartige Fortsätze, deren Länge ungefähr $^1/_5$—$^1/_6$ von der Breite der Lamina beträgt. Am Ursprunge jedes Fortsatzes zeigt der Blattrand auf der Unterseite eine Anschwellung. Bei flüchtiger Betrachtung entsteht hierdurch der Anschein, als sei das Blatt am Rande von Ausschnitt zu Ausschnitt wulstig verdickt, während in Wirklichkeit die erwähnten Anschwellungen mit Thälern, die den Zwischenräumen zwischen je zwei Borsten entsprechen, abwechseln. Die Zahl der Randborsten beträgt an jeder Hälfte des Blatts 13—18. Beim Zuklappen des Blatts greifen die Randborsten alternirend in einander, wie die Finger beim Händefalten. Auf der Oberfläche jeder Blatthälfte bemerkt man meist 3 kleine Haare, von denen eins nahe der Mittelrippe, die beiden andern etwas mehr nach aussen stehen. Es kommen auch 4 und 2 Haare vor; letzterer Fall ist einmal von Darwin (Ins. Pl. p. 287) beobachtet. Sind vier Haare vorhanden, so stehen zwei der Mittelrippe näher. Diese Härchen, die eine Länge von 2—2·5 Mm. erreichen, sind der Hauptsitz der Reizbarkeit. Schon mit blossem Auge bemerkt man, dass die Oberseite der Lamina sehr viele erhabene Pünktchen aufweist. Mit dem Mikroskop erkennt man in ihnen kreisrunde, vielzellige Gebilde — Scheibendrüsen. Gegen den Blattrand hin werden sie seltener und fehlen schliesslich fast ganz. Auch auf der Mittelrippe stehen sie weniger

dicht als auf den Blattflügeln. Die Mittelrippe der Blattspreite setzt nicht die Stielmittelrippe in derselben Ebene geradlinig fort, sondern setzt sich von dem Zwischenglied in einem Winkel von ungefähr 90° scharf ab. Sie bildet einen Bogen, dessen Scheitel ungefähr im Mittelpunkt des Blattes liegt; die gerade Verbindungslinie zwischen Blattgrund und Blattspitze ist die Sehne dieses Bogens. Die schon erwähnten aus Veitch's Institut stammenden Pflanzen wichen in der Beschaffenheit ihrer Lamina von den eben angegebenen Verhältnissen etwas ab; ihre Mittelrippe ist nicht so stark gewölbt, und die Ausschnitte an Blattgrund nnd Blattspitze sind flacher, so dass die Blatthälften einen mehr viereckigen Umriss zeigen.

Während die Flügel des Blattstiels aus einem weichen, schnell welkenden Gewebe bestehen, zeigen die Blattflügel eine knorpelartig spröde, saftige, resistente Beschaffenheit. Ober- und Unterseite der Blätter sind an jüngeren Exemplaren hellgrasgrün gefärbt. Erwachsene Blätter zeigen dagegen auf der Oberfläche ihrer Lamina eine tiefpurpurne Färbung, die nur die Mittelrippe und den Blattrand, aus dem die Randborsten entspringen, freilässt. Diese Färbung rührt von einem rothen Farbstoff her, der sich im Zellsaft der Epidermiszellen, der Scheibendrüsen und der sensiblen Haare bildet. Die Scheibendrüsen und die sensiblen Haare zeigen die rothe Färbung früher als die Epidermis und oft nur allein. Das Rothwerden der Blattoberseite scheint nur bei besonders günstigen Witterungsverhältnissen einzutreten; die Dionaeapflanzen des Berliner Universitätsgartens zeigten es im September und October 1874 in vollkommenster Weise; 1875 trat die rothe Färbung weniger allgemein und nur unvollkommen sich entwickelnd auf. Von den älteren Autoren werden blos die Drüsen als roth oder röthlich angegeben; nur die, sonst nicht fehlerlose Abbildung Hill's[1]), die schon erwähnte Abbildung von Ellis und die Abbildung von Curtis (s. o.) zeigen die Lamina purpurn gefärbt.

---

1) Hill, A decade of curious and elegant trees and plants, etc. London, 1773.

Während das Gewebe des Blattstiels im Allgemeinen aus Zellen besteht, deren Längsaxen parallel der Blattstielmittelrippe verlaufen, zeichnet sich das Gewebe der Lamina dadurch aus, dass die Längsaxen seiner Zellen senkrecht zur Mittelrippe stehen.

Die Mittelrippe selbst zeigt einen Bau, der von dem des entsprechenden Stengeltheils etwas abweicht, was besonders auf Längsschnitten hervortritt. Im Blattgrunde verläuft das Hauptgefässbündel ungefähr im Centrum der Mittelrippe, gegen die Blattspitze zu nähert es sich mehr und mehr der Unterseite, der es schliesslich bis auf $^1/_3$ des gesammten Dickendurchmessers nahekommt. An der Basis des Blatts zeigt der Fibrovasalstrang einen halbmond- oder nierenförmigen Querschnitt, gegen die Spitze des Blatts hin hat er die Tendenz, sich zu gabeln, doch tritt keine vollständige Trennung in zwei Stränge ein[1]). Von ihm laufen in ziemlich gleichmässigen Intervallen die Seitennerven aus, deren Zahl mit der der Randborsten ungefähr correspondirt. Die Seitennerven verlaufen etwas divergent bis in die Nähe des Blattrandes, wo sie ein zierliches Bogensystem, das ungefähr dem Blattumkreis folgt, bilden (Fig. 3). Die Zeichnung legt die Eigenthümlichkeiten der Blattnervatur ausreichend klar dar und macht eine weitere Beschreibung derselben überflüssig.

Den Raum zwischen dem Gefässbündel der Mittelrippe und der Blattoberseite, der seitlich durch die in die Blattflügel gehenden Nerven begrenzt wird, nehmen zwei ziemlich scharf unterschiedene Gewebeschichten ein. Zunächst der Mittelrippe finden sich rundliche Zellen, fast ohne jeden körnigen Inhalt; nur in der Nähe der Nerven enthalten sie etwas Chlorophyll, und die unmittelbar an das Gefässbündel stossenden zeigen sich mit Stärkekörnchen gefüllt. An der Basis des Blatts sind diese Zellen nur wenig entwickelt, nach der Spitze zu nehmen sie dagegen fast ein Drittel der Dicke der Rippe ein. Sie bilden ein lockeres, von Intercellularräumen durchzogenes Ge-

---

1) Meyen, Neues System der Pflanzenphysiologie, Bd. III. S. 543.

webe. Den übrigen Raum nimmt ein Zellenzug ein, dessen längliche Zellen senkrecht zur Oberfläche der Mittelrippe stehen, diese mit den erwähnten rundlichen Zellen verbindend. Auch diese Zellen, die im Querschnitt rundlich-polygonal erscheinen, sind fast ohne jeden geformten Inhalt; nur die in der Nähe der Seitennerven gelegenen und die unmittelbar an die Epidermis anstossenden Zellen enthalten Chlorophyll und Stärkekörnchen. Der übrige Theil der Mittelrippe, d. h. also die nach unten gelegene Partie, besteht, wie der entsprechende Theil im Blattstiel, aus langen, parallel dem Hauptgefässbündel verlaufenden Zellen, die gegen die Epidermis zu bedeutend kleiner werden. Es ist jedoch zu bemerken, dass am Scheitel des Bogens, den die Mittelrippe bildet, auch diese Zellen streckenweis eine zum Verlauf der Mittelrippe senkrechte Stellung annehmen. In den zwei bis drei zunächst unter der Epidermis gelegenen Zellschichten findet sich wiederum Chlorophyll, während die grossen, das Gefässbündel umgebenden Zellen frei davon sind.

Die Epidermis, welche die Unterseite der Blattmittelrippe bekleidet, ist die directe Fortsetzung der Zwischenglieds-Epidermis. Sie geht indess nicht bis zu den Ursprungsstellen der beiden Blattflügel heran, sondern sie reicht beiderseits nur bis zu dem Punkte, der ungefähr der Austrittsstelle der Seitennerven aus dem Hauptgefässbündel gegenüberliegt (Fig. 4, a). Hier trifft sie mit der Epidermis der Blattunterseite, deren lange schmale Zellen senkrecht zu der Mittelrippe stehen, zusammen (Fig. 4). Die Oberseite der Mittelrippe zeigt keine eigene Epidermis, sondern wird von der Epidermis der Blattoberseite bedeckt, welche hier einen beiderseits ziemlich scharf begrenzten, 6—8 Zellen breiten Streifen etwas verkürzter, breiterer Zellen bildet (Fig. 5, a, a).

Einen eigenthümlichen Bau besitzen die Blattflügel. Sie bestehen durchweg aus länglichen oder langgestreckten Zellen, deren Längsaxen parallel den Hauptsträngen der Seitennerven, und senkrecht zur Mittelrippe verlaufen.

Die Epidermis der Oberseite (Fig. 7) besteht aus Zellen, deren Grundform ein langgezogenes Sechseck ist, die je-

doch durch gegenseitigen Druck häufig in verschiedener Weise zugerundet oder abgestumpft sind. Die Membran der Epidermiszellen ist stark verdickt, ganz besonders die der Oberfläche zugekehrte Partie; die Zellen enthalten viele Stärkekörner (Fig. 7 a), deren Gestalt und Gruppirung an die Stärkekörner von Smilax Sassaparilla erinnern. An ganz entwickelten Blättern ist ihr Zellsaft intensiv purpurn gefärbt. Zwischen den Epidermiszellen liegen etwas vertieft die Basalzellen der Scheibendrüsen, die, wenn die Scheibe entfernt ist, das Ansehen einer geschlossenen Spaltöffnung darbieten, deren Spalte parallel zu den Seitennerven liegt. Jeder zwischen zwei Randborsten liegende Theil der Epidermis theilt sich in geringer Entfernung vom Rande in zwei Partien, von denen jede sich auf die benachbarte Randborste fortsetzt; dort werden ihre Zellen noch länger und schmaler, zeigen viel weniger verdickte Wände und nehmen überhaupt fast ganz den Charakter der Epidermis der Blattunterseite an, mit der sie auf den Borsten zusammentreffen. Die Räume zwischen den Randborsten, wo die Epidermis der Blattoberseite mit der der Unterseite zusammentreffen müsste, werden von länglichen, parallel dem Blattrand verlaufenden, unregelmässig buchtigen Zellen bedeckt; zwischen ihnen liegen ziemlich zahlreiche Stomata (zwischen je zwei Borsten wurden auf der Oberseite 5—8 gezählt). Diese Spaltöffnungen sind von mehr rundlicher Gestalt als die der Blattunterseite; ihre Spalten liegen meist parallel der Mittelrippe. Diese Inseln abweichend gestalteter Epidermiszellen sind die einzigen Stellen, wo man auf der Blattoberseite Spaltöffnungen findet. Die Scheibendrüsen fehlen auf den Borsten ganz; dagegen finden sich sehr schön ausgebildet die schon bei der Beschreibung des Stengels erwähnten achttheiligen Sternhaare, die sonst nur auf der Unterseite der Blattspreite vorkommen.

Unter der Epidermis der Blattoberseite liegt eine Schicht etwas kürzerer Zellen (Fig. 6 und 9), die dünnwandig sind und sehr reichlich Chlorophyll enthalten. Es folgen dann ungefähr 2—3 Lagen grösserer, langer, cylindrischer Zellen, die ebenfalls dünnwandig, aber fast ganz ohne geformten Inhalt

sind. Die innerste Schicht dieser Zellen stösst an die langen, schmalen Zellen, welche die Fibrovasalstränge in den Blattflügeln begleiten. Unterhalb des Gefässbündels liegen 2—3 Reihen Zellen von derselben Beschaffenheit wie die eben beschriebenen, dann 3—4 Schichten bedeutend schmalerer, kleinerer, chlorophyllreicher Zellen, und auf diese folgt schliesslich die Epidermis der Blattunterseite.

Diese untere Epidermis wird von sehr langen, schmalen, cylindrischen Zellen mit etwas verdickten Wandungen gebildet, die zwischen sich die ziemlich zahlreichen Spaltöffnungen und die Stielzellen der ungefähr in gleicher Anzahl wie die Stomata vorhandenen Sternhaare einschliessen. Die Spaltöffnungen sind etwas in die Länge gezogen; ihre Spalte liegt parallel den Seitennerven. Die Stielzellen der Sternhaare bieten meist das Ansehen eines rundlichen geschlossenen Stoma's dar, wie die der Scheibendrüsen, doch kommen auch, wenngleich nur selten, Sternhaare mit nur einer Stielzelle vor.

Alle Zellen der Blattspreite sind im Längsschnitt kreisförmig oder fast kreisförmig (Fig. 9) und lassen grosse, drei- oder viereckige Intercellularlücken zwischen sich, die, wie die Zellen selbst, parallel den Seitennerven verlaufen.

Die Anschwellungen an der Basis der Randstacheln sind durch stärkere Entwicklung der unteren Hälfte des Blattparenchyms gebildet. Letzteres besteht an diesen Stellen (Fig. 4) zunächst aus rundlichen Zellen, die unmittelbar an die Epidermis der Blattunterseite angrenzen. Von diesen Zellen erheben sich grössere, längliche Zellen, die in schräger Richtung von unten nach oben aufsteigen, parallel dem Fibrovasalstrang verlaufen, und immer schmaler und länger werdend, die Randborste bilden. In den Anschwellungen sind die grossen, inhaltslosen Zellen, welche im Blatt den Fibrovasalstrang umgeben, verschwunden; alle Zellen enthalten hier mehr oder weniger Chlorophyll. In den Räumen zwischen je zwei Borsten hören die langen chlorophyllosen Zellen ebenfalls in einiger Entfernung vom

Rande auf, statt ihrer finden sich rundliche, chlorophyll-haltige Zellen, die nicht mehr in Reihen geordnet sind und bis zum Rande den Raum ausfüllen. Die Epidermis der Ober- und die der Unterseite gehen nicht ganz an den Rand heran, zeigen aber bis zu ihrem Ende die charakteristischen Trichome (Scheibendrüsen oben, Sternhaare unten). Die Epidermis des Randes selbst, sowie je einer kleinen Strecke der Ober- und Unterseite wird durch die schon erwähnten buchtigen Zellen gebildet.

Die Randborsten bestehen aus sehr schmalen langen Zellen, deren Längsaxe die beiden andern um das 10—15fache übertrifft. Wie schon bemerkt, setzt sich die Epidermis des Blatts direct auf die Borsten fort; je weiter nach der Spitze der Borsten zu, desto mehr verschwindet jeder Unterschied zwischen Epidermis und Parenchym. Die Borsten besitzen weder Scheibendrüsen noch Stomata, wohl aber schön ausgebildete Sternhaare. In jeden Randfortsatz tritt ein stärkeres, aus 5—6 Spiralgefässen bestehendes Gefässbündel, das fast immer aus dem Bogen, der je zwei Seitennerven verbindet, entspringt (Fig. 3); es durchläuft die Borste fast bis zur Spitze, wo es, noch aus zwei Spiralgefässen bestehend, endet. Ausser diesem Fibrovasalstrang treten fast regelmässig noch aus dem feinen Nervennetz, welches seinen Ursprung aus den Verbindungsbögen der Seitennerven nimmt, zwei oder ein zarter Nerv in die Borsten; diese feinen Stränge verlieren sich indess bald.

An der Stelle, wo ein sensibles Haar entspringt, durchbricht das Blattparenchym die Epidermis der Blattoberseite (Fig. 4). Die der Epidermis zunächst liegenden Parenchymzellen sind hier kleiner, und bilden einen, aus 4—5 Etagen von polygonalen Zellen bestehenden, im Querschnitt kreisrunden Cylinder (Fig. 10 a), der sich über die Blattoberfläche erhebt und ungefähr $^1/_{10}$ der Gesammtlänge des Haares beträgt. Die Epidermis der Oberseite, welche in der Umgebung des sensiblen Haares aus kürzeren Zellen besteht, setzt sich auch auf die Basis desselben fort; ihre Zellen sind hier von gedrungenerer Gestalt und haben nur

wenig verdickte Membranen. Auf den Cylinder ist ein schlanker, sich schnell verjüngender Kegel aufgesetzt, der in stark verkleinertem Maassstabe ganz das Aussehen einer Randborste darbietet, nur zeigt er keine Sternhaare und kein Gefässbündel. Die Basis dieses Kegels bildet einen ringförmigen Wulst, der etwas über den Basalcylinder hervorragt; die Zellen desselben färben sich zuerst und am intensivsten roth, so dass an einem ganz entwickelten Blatt die drei sensiblen Haare, von oben betrachtet, als drei dunkelpurpurne Punkte auf heller purpurnem Grunde erscheinen. Der Kegel besteht, wie die Randborsten, aus langen, schmalen, cylindrischen, nur wenige Körnchen enthaltenden Zellen, deren Protoplasma nach Darwin's Beobachtungen (Ins. Pl. p. 291) die Erscheinung der Rotation zeigt. Derselbe Forscher giebt an, dass die Spitze der sensiblen Haare mitunter zwei- oder sogar dreitheilig sei; diese Erscheinung, die auch an Pflanzen des Berliner Universitätsgartens gesehen wurde, kann durch grösseres oder geringeres Auseinanderweichen der sie bildenden Zellen (Fig. 10 b) leicht hervorgebracht sein.

Das Blatt der Dionaea besitzt, ausser den sensiblen Haaren, zweierlei Trichomgebilde: Sternhaare und Scheibendrüsen. Darwin giebt noch eine dritte Haarform an; er sagt (Ins. Pl. p. 288): „there are also a few very minute, simple, pointed hairs, about $\frac{7}{12000}$ (0·0148 Mm.) of an inch in length on the backs of the leaves“; allein es war mir nicht möglich, diese Gebilde aufzufinden.

Die Sternhaare finden sich auf beiden Seiten des Blattstiels, auf dem Zwischengliede, auf der Unterseite der Lamina und an den Randborsten. Auf der Oberseite der Lamina, wo Darwin einige wenige angiebt (Ins. Pl. p. 288), habe ich nie welche gesehen. Die Sternhaare bestehen zunächst aus zwei Stielzellen — sehr selten findet man nur eine — die etwas vertieft zwischen den umgebenden Epidermiszellen liegen. Von ihnen strahlen meist 8 (es wurden auch 4, 6, 7, 9 gezählt) längliche, platte, an den Spitzen stumpfliche Zellen aus (Fig. 11). Nicht immer treffen die Theilungswände derselben in einem Punkt zusammen, es kommen

nicht allzu selten Fälle wie der in Fig. 11 a abgebildete vor. Die Sternhaare sind schon an sehr jungen Blättern, deren Lamina noch ganz eingerollt ist und noch keine Spur von Scheibendrüsen oder Randstacheln zeigt, zu vollkommener Grösse entwickelt. Zu dieser Zeit sind sie ganz farblos, und die mit Protoplasma gefüllten acht Zellen haben ein pralles, turgescentes Ansehen. An erwachsenen Blättern dagegen sind die Sternzellen mehr oder weniger gebräunt und sehen verwelkt aus, während die Scheibendrüsen dann sich am schönsten entwickelt zeigen. Die Sternhaare der Dionaea zeigen mit denen der Aldrovandia[1]) und der Drosera rotundifolia[2]) grosse Aehnlichkeit. Ob die Oberhautzelle, aus der das Sternhaar hervorgeht, auch so mannigfache Theilungen erfährt, wie Caspary dies für die Aldrovandia-Sternhaare beschrieben und abgebildet hat (a. a. O. Tab. IV, Fig. 17, 18, 19), konnte leider nicht festgestellt werden.

Die Scheibendrüsen (Fig. 12) finden sich nur auf der Oberfläche der Blattspreite, dort aber in sehr grosser Menge; nur der äusserste Blattrand ist frei von ihnen. Mit geringen Abweichungen sind die Scheibendrüsen der Dionaea genau so gebaut wie die Lupulindrüsen des Hopfens[3]). Im fertigen Zustande bestehen sie aus zwei kleinen Basalzellen (nach Rauter's Terminologie); diese (Fig. 12g, 1) tragen zwei längere Stielzellen (Fig. 12g, 2), welche, von oben gesehen, das Bild einer ovalen geschlossenen Spaltöffnung darbieten, deren Spalte parallel den Seitennerven liegt. Die Basalzellen liegen zwischen der subepidermalen, chlorophyllreichen Zellschicht (Fig. 9); die Stielzellen erreichen die Oberfläche des Blatts, ihre Oberfläche liegt aber in einer, von den sich wölbenden Epidermiszellen gebildeten Vertiefung. Den Stielzellen sitzt eine Scheibe auf, die, wenn die successiven Theilungen ihrer Mutterzelle ganz regelmässig erfolgt sind, aus 28 Zellen

1) Caspary in Bot. Zeit. 1859, S. 117 ff. Taf. IV, V.

2) Nitschke a. a. O.

3) Rauter, Zur Entwickelungsgeschichte einiger Trichomgebilde. Wien, 1871. Abgedr. aus d. XXXI. Bd. d. Denkschr. d. math. naturw. Kl. d. K. Akad. d. Wiss. S. 25, 26; Taf. VIII. Fig. 2—11.

besteht (Fig. 12 f). Sie bildet, wie die Zellscheibe der Lupulindrüsen, einen seichten Napf. Ein Secret findet man in den Drüsennäpfen nicht, dieselben secerniren nur, wenn sie mit löslichen stickstoffhaltigen Substanzen, Insectenleichen, Eiweiss, Gelatine oder dergl. in Berührung sind (Darwin). Die successiven Theilungen der Scheibenmutterzelle werden durch die Fig. 12 a—g dargestellt. Aber nicht immer theilen sich die acht zuerst gebildeten Randzellen in je zwei, wie es Fig. 12 e zeigt; zuweilen unterbleibt die Theilung in einer oder in mehreren Zellen (Fig. 12 h, i). In den zuletzt eintretenden Theilungen lässt sich keine bestimmte Regel mehr erkennen; die Zahl der Scheibenzellen beträgt höchstens 34—36.

Die Entwickelungsgeschichte der Blätter konnte der Kostbarkeit des Materials wegen nicht verfolgt werden. Eigenthümlich ist das Grössenverhältniss zwischen Petiolus und Lamina an den zuerst entstandenen und an den späteren Blättern eines Jahres. Die ersten Blätter zeigen nämlich einen Blattstiel, der schon seine vollkommene Grösse erreicht hat, wenn die Lamina noch auf einer sehr niedrigen Entwickelungsstufe sich befindet (Fig 1, d, e). Der Petiolus der ersten Blätter bleibt während der ganzen Lebensdauer derselben breiter als die Blattspreite, während bei allen späteren Blättern die Spreite den Blattstiel an Breite übertrifft. Dieser Unterschied zwischen den ersten und den späteren Blättern ist besonders an der gewöhnlichen Form der Dionaea hervortretend; die von Veitch stammenden Pflanzen haben dagegen erste Blätter, die den späteren Blättern der gewöhnlichen Form ähnlich sind. Die Blätter der Dionaea zeigen die Ptyxis involuta, wie Drosera. Die eingerollte Lamina ist gegen den ebenfalls eingekrümmten Blattstiel zurückgeschlagen wie die Klinge eines geschlossenen Taschenmessers (Fig. 1, g). Dann richtet die Blattspreite sich auf und nimmt, noch nicht sehr entwickelt, ihre definitive Stellung ein.

Das jüngste Blatt, welches untersucht wurde, besass eine Lamina von 1 Mm. Länge. Die Sternhaare waren an demselben bereits vollkommen entwickelt, die sensiblen Haare und die Scheibendrüsen fehlten noch. Das Blatt war sehr

reich an Stärkekörnern. Ein Blatt, dessen Lamina 2 Mm. lang war, zeigte die sensiblen Haare schon als unverhältnissmässig grosse, stumpfwalzliche Kegel, an denen jedoch die Gliederung in der Nähe der Basis noch nicht zu erkennen war. Die Scheibendrüsen waren bereits als einfache Ausstülpungen der Epidermis vorhanden. An diesem Blatt wurden auch vollkommen entwickelte Stomata beobachtet, deren Schliesszellen reichlich Stärkekörner enthielten, wodurch sie sich von den stärkefreien Stielzellen der Sternhaare sofort unterschieden. Ein etwas älteres Blatt, dessen Blattspreite eine Länge von 4 Mm. besass, zeigte die Scheibendrüsen schon als mehrzellige Körper.

Zum Schluss habe ich meinen hochverehrten Lehrern Hrn. Prof. A. Braun und Hrn. Prof. L. Kny für die gütige Unterstützung, die sie mir bei dieser Arbeit zu Theil werden liessen, meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Zeigt die Art des Einpflanzens, welche Hr. Prof. Munk anwenden liess, um die Blätter für physiologische Versuche zugänglicher zu machen. Die Abbildung zeigt Blätter verschiedener Stöcke und verschiedenen Alters. Die Blätter a und b gehören der mehrfach erwähnten Form, welche Veitch schickte, an, die übrigen (c—g) der gewöhnlichen Form. Die Blattflügel von a sind flach auseinandergelegt, um den Umriss der Lamina zu zeigen. ½ natürlicher Grösse.

Fig. 1 A. Schematische Darstellung der ungleichmässigen Ausbildung der Blattstielöhrchen.

Fig. 2. Epidermis der Unterseite des Blattstiels. Die Chlorophyllkörner in den Epidermiszellen sind nur zum Theil ausgeführt. Vergr. 240.

Fig. 3. Nervatur des Dionaeablattes, nach einem in Kalilauge gekochten Blatt gezeichnet. Die — halbe — Lamina ist flach zur Seite gelegt.

Fig. 4. Querschnitt durch die Mittelrippe und eine Hälfte der Lamina; schematisch.

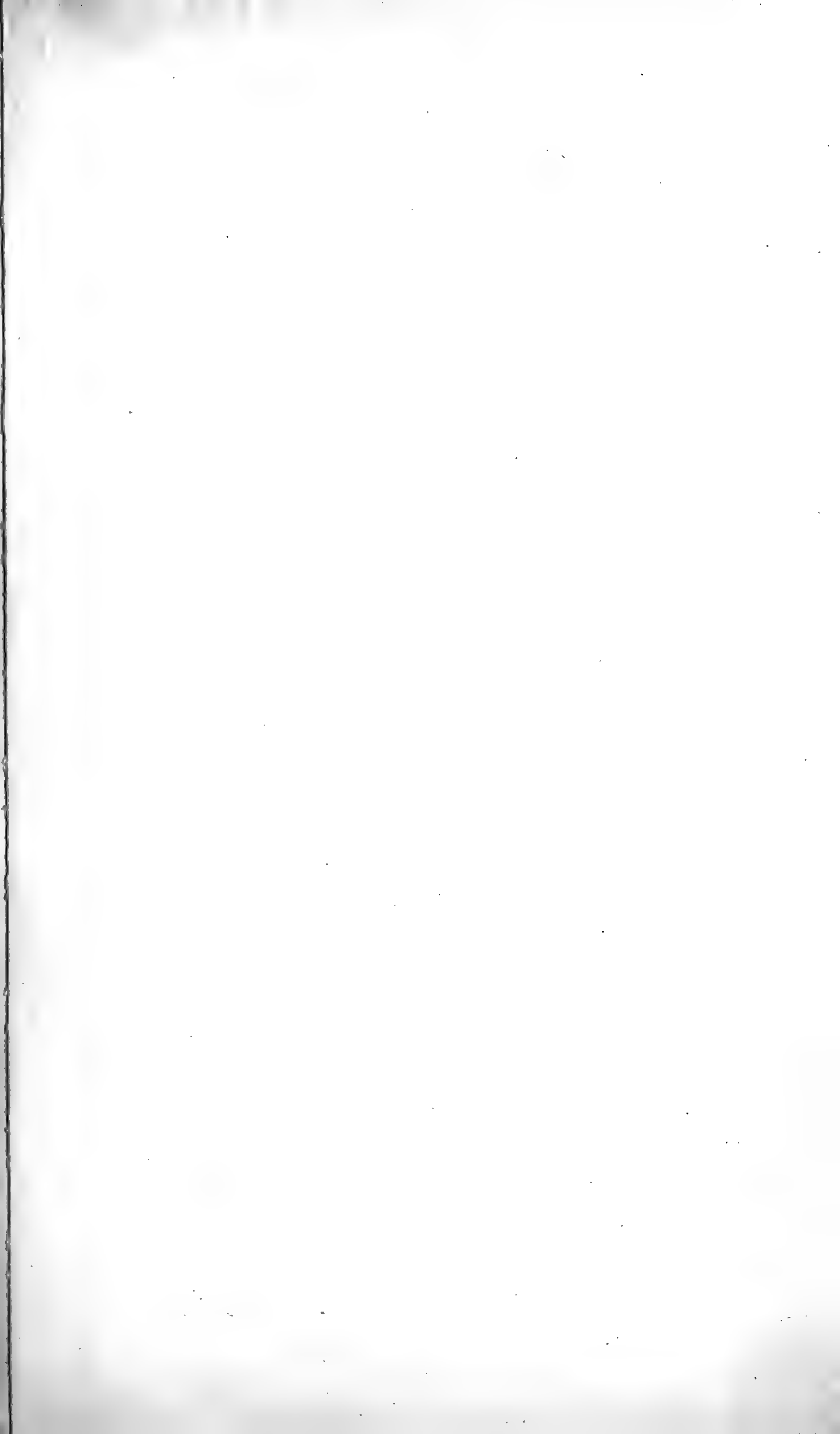


Fig. 3.
Fig. 5.
a
a
a
a
Fig. 11.
Fig. 10 b.
Fig. 11 a
Fig. 12 k.
Fig. 12 c'.
Fig. 12 a.
Fig. 12 b.
Fig. 12 c.
Fig. 12 d.
Fig. 10 a.
Fig. 2.
Fig. 12 e.
Fig. 12 f.
Fig. 12 h.
Fig. 12 i.
w
w
Fig. 12 g.
Fig. 7 a.
Fig. 7.
s
s
Fig. 6.
Fig. 9.
Fig. 8.

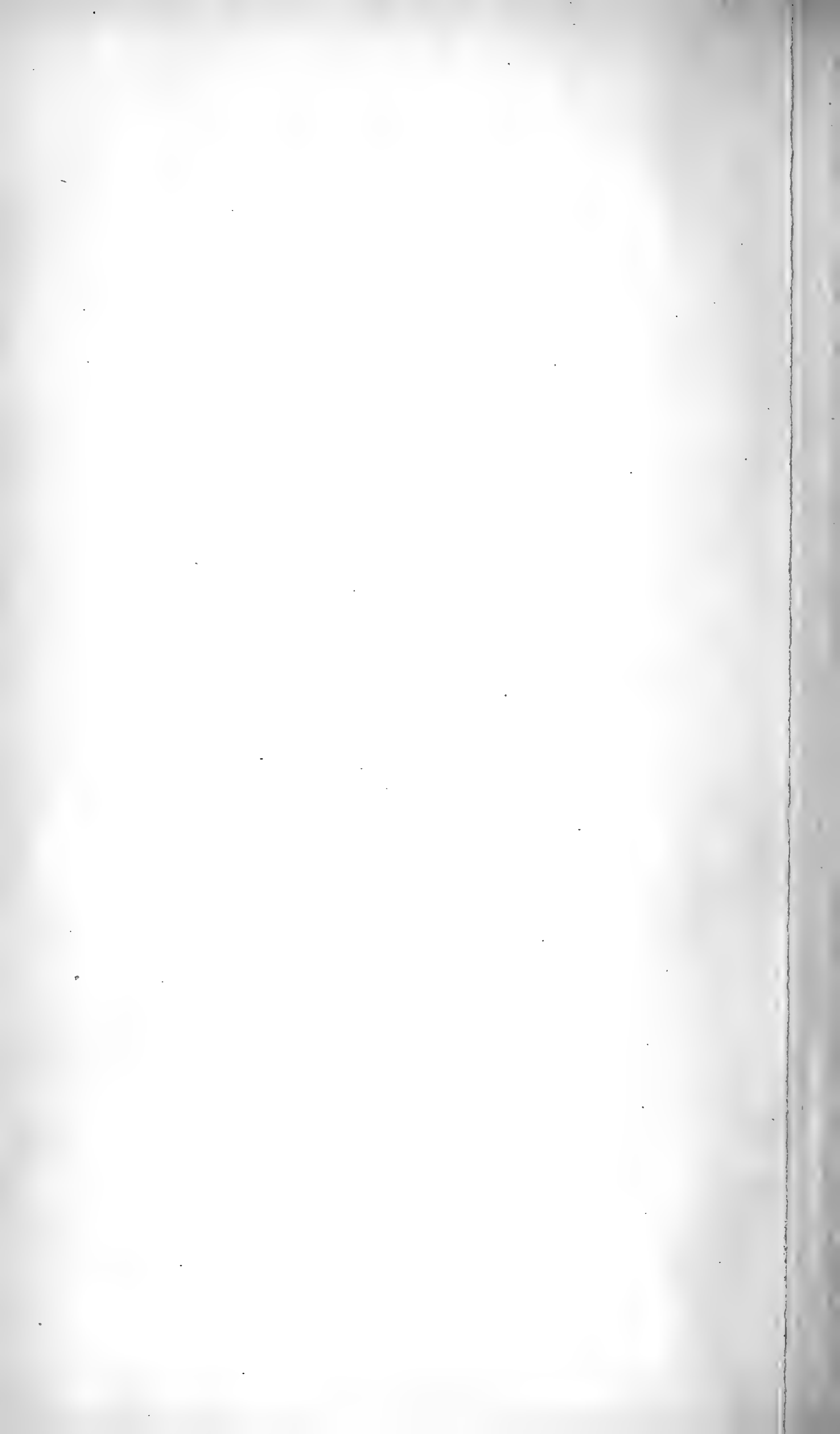


Fig. 5. Epidermis der Oberseite der Blattmittelrippe (die zwischen a, a, a, a befindliche Strecke). Vergr. 80.

Fig. 6. Querschnitt durch die Lamina. Vergr. 160.

Fig. 7. Epidermis der Oberseite der Lamina; s, s die Stielzellen einer Scheibendrüse. Vergr. 240.

Fig. 7a. Stärkekörner aus denselben Epidermiszellen, stärker vergrössert.

Fig. 8. Epidermis der Unterseite der Lamina. Vergr. 240.

Fig. 9. Längsschnitt durch die Lamina. Vergr. 160.

Fig. 10a. Ansicht der Basis eines sensiblen Haars; bei W der hervortretende Wulst. Vergr. 240.

Fig. 10b. Spitze eines sensiblen Haars. Vergr. 240.

Fig. 11 und 11a. Sternhaare des Dionaeablatts. Vergr. 240 resp. 120.

Fig. 12 a—k. Scheibendrüsen des Dionaeablatts. a—g schematische Zeichnungen, die die successiven Theilungen, durch welche die Drüsenscheibe gebildet wird, veranschaulichen. g ist die Seitenansicht von e; 1, 1 sind die Basal-, 2, 2 die Stielzellen. h, i und k sind mit dem Prisma bei 240maliger Vergrösserung gezeichnet.

Die elektrischen und Bewegungs-Erscheinungen am Blatte der Dionaea muscipula.

Von

HERMANN MUNK.

Hierzu Taf. I. und Taf. III.

---

§. 1. Einleitung. Allgemeines über die Untersuchung.

Wenn Hrn. Darwin's Untersuchungen über die Insectenfressenden Pflanzen, sobald nur vor Jahren Einzelnes über sie verlautete, naturgemäss das allgemeine Interesse erregten, so musste für den engeren Kreis der Physiologen nicht minder anziehend sein die wundervolle Entdeckung, wie Hr. Darwin sie nennt, welche sich von Seiten des Hrn. Burdon Sanderson an jene Untersuchungen knüpfte. Die Dionaea muscipula, zu den Insectenfressenden Pflanzen gehörig, hat ein zweiflügeliges Blatt, das auf Reizung sich schliesst, indem die etwa halbkreisförmigen Flügel mit ihren Rändern sich an einander legen. Dieses Blatt fand Hr. Sanderson mit einer elektromotorischen Wirksamkeit ausgestattet, wie den Muskel; und wie bei der Contraction des Muskels dessen Strom die negative Schwankung erfährt, so sah Hr. Sanderson auch eine negative Schwankung des Stromes des Dionaea-Blattes eintreten, sobald das Blatt sich contrahirte. Ja sogar die Periode der latenten Reizung des Muskels und den Elektrotonus des Nerven gelang es Hrn. Sanderson am Dionaea-Blatte wiederzufinden, den letzteren, wenn der Blattstiel, der selbst umgekehrt elektromotorisch wirksam sich er-

gab wie das Blatt, von einem constanten Strome durchflossen oder gar nur einfach vom Blatte abgetrennt wurde[1]).

Mit Recht konnten Hr. Darwin[2]) und Hr. Hooker[3]) Hrn. Sanderson's Untersuchungen preisen, weil dieselben für die Thierähnlichkeit der ausgezeichneten Pflanzengruppe, kaum dass noch die Verdauungsfähigkeit erwiesen war, schon als neues Moment auch die Contractilität hinzufügten. Aber selbst aus jeder Verbindung mit der Verdauungsfähigkeit der Pflanzen gelöst, behielten Hrn. Sanderson's Erfahrungen des Bedeutungsvollen genug. Die Muskeln und die Nerven und allenfalls die Drüsen waren nun nicht mehr die einzigen Organismen, welche bei der Thätigkeit die negative Schwankung ihres Eigenstromes darboten, der Nerv stand nicht mehr allein da ausgezeichnet durch den Elektrotonus, sondern an diese thierischen Organismen reihte sich mit den gleichen elektrischen Veränderungen ein pflanzlicher Organismus an, dessen Bau, Ernährung und Function ganz anders geartet waren. Dieselben elektrischen Vorgänge liessen sich daher fortan unter weit differenten Verhältnissen studiren, und somit war eine neue Aussicht eröffnet für die Förderung bisher hartnäckig widerstrebender Probleme, der Fragen nach Wesen und Bedeutung der elektrischen Erscheinungen an Nerv und Muskel. Nicht mindere Hoffnungen knüpften sich in anderer Hinsicht an. Das Vorkommen von Contractilität bei den

---

1) Hr. Sanderson hat seine Untersuchungen an folgenden Stellen veröffentlicht:

1. Report of the XLIII. Meeting of the British Association at Bradford in September 1873. London 1874. Tr. of the Sect. p. 133;
2. Proceedings of the Royal Society. Vol. XXI. No. 147. November 20, 1873. p. 495—6;
3. Centralblatt für die medicin. Wissensch. 1873, No. 53 (23. November), S. 833—5;
4. Nature, Vol. 10, No. 241 and 242, p. 105—7 and 127—8; June 11 and 18, 1874.

Die drei ersten Mittheilungen geben eine kurze Uebersicht der Untersuchung; die letzte Mittheilung ist die ausführlichste und die Wiedergabe eines am 5. Juni 1874 in der Royal Institution gehaltenen Vortrages.

2) Insectivorous Plants. London 1875. p. 318.

3) Nature, Vol. 10, No. 253, p. 367; 3. Sept. 1874.

Pflanzen, so lange eifrig und mit Erfolg bestritten, war nunmehr unverkennbar mit gewichtigen Gründen gestützt. Auch für das Studium der Contraction bot sich also neben dem Muskel ein zweiter, ganz anders beschaffener Organismus dar, und wesentliche Fortschritte auch auf diesem dunkeln Gebiete liessen sich erwarten.

Diese Erwägungen und andere, welche die Präexistenz der elektrischen Erscheinungen an den Organismen betrafen, wandten meine Aufmerksamkeit sogleich im November 1873 dem Dionaea-Blatte zu; und Dank der Unterstützung, welche ich fand, konnte ich in den beiden letzten Jahren die Untersuchungen ausführen, deren Ergebnisse ich im Folgenden mittheile. Das Material für die Untersuchungen verschaffte mir die Güte des Hrn. Prof. A. Braun und die grosse Freundlichkeit unseres Universitätsgärtners, Hrn. Barleben, der mit einer nicht genug anzuerkennenden Bereitwilligkeit auf alle meine Intentionen einging. Der bei vielen Versuchen unumgänglichen Assistenz unterzog sich Hr. F. Kurtz mit ausnehmender Liebenswürdigkeit. Auch war Hr. Kurtz so freundlich, auf meinen Wunsch die anatomische Untersuchung des Blattes zu übernehmen, über welche derselbe im vorhergehenden Aufsatze berichtet hat. Ich fühle mich allen den genannten Herren zu ganz besonderem Danke verpflichtet.

Die Dionaeen, welche ich untersuchte, waren sämmtlich von Hrn. Barleben in Töpfen cultivirt, die verrottete Sphagnum-Erde, etwa zur Hälfte mit Sphagnum gemischt, enthielten. Vor dem Besuche von Insecten waren sie durch Glaskästen durchaus geschützt. Trotzdem gediehen sie prächtig und besonders im Jahre 1874 so vortrefflich, dass die Blätter in Grösse und Ausbildung keiner der vorhandenen Beschreibungen und Abbildungen nachstanden, ja manchmal dieselben noch übertrafen. Ihre Wurzeln waren recht gross und zahlreich: ich fand bei einer 15blätterigen Pflanze 15, bei einer 8blätterigen 8 ansehnliche, meist über 100 Mm. lange Wurzelfäden.

Im Jahre 1874 hatte Hr. Barleben aus den anfänglich vorhandenen 2 Dionaeen des hiesigen Universitätsgartens mit

vielem Glücke 6 Pflanzen aufgezogen, so dass ich ca. 40 grosse und zum Theil ausgezeichnete Blätter für die Untersuchung verwenden konnte. Im Jahre 1875 standen mir, nachdem ich noch im Frühjahre aus England und aus Amerika Dionaeen erhalten hatte, 10 brauchbare Töpfe mit ca. 60 grossen Blättern zur Verfügung. Die amerikanischen Pflanzen waren von den hiesigen gar nicht zu unterscheiden, die englischen Exemplare aber boten Abweichungen nicht nur in der Gestalt des Blattstieles und des Blattes selbst, sondern auch durch das Aufsteigen des Blattstieles dar, wie es Hr. Kurtz bereits beschrieben hat. Soweit die folgenden Untersuchungen sich erstreckten, haben alle Pflanzen die gleichen Ergebnisse geliefert.

Hr. Sanderson hat die Blätter (mit ihren Stielen) immer abgeschnitten benutzt, und dies Verfahren bringt mehrfache Nachtheile mit sich. Das abgeschnittene Blatt ist doch immer nur ein überlebender, in seiner Ernährung gehemmter Organismus, dessen Beziehung zum normalen, unversehrten Blatte, dem eigentlichen Gegenstande der Untersuchung, erst einer besonderen Ermittelung bedarf. Jedermann weiss ferner, wie oft und immer wieder gerade die elektromotorischen Erscheinungen an den Organismen auf Grund der Schnittflächen der Organismen, ja selbst schon der schnittfreien Lostrennung derselben vom Gesammtorganismus verdächtigt worden sind. Dazu kommt, dass der Ausdehnung und der Wiederholung von Versuchsreihen an einem und demselben Blatte, sobald dasselbe abgetrennt, sehr enge Grenzen gesteckt sind. Endlich und vor Allem ist mit dem Abschneiden jedes Blattes das kostbare Versuchsmaterial verkürzt, das sich schwer oder gar nicht wiederersetzen lässt. Aller dieser Nachtheile wegen habe ich es als ein erstes Erforderniss ansehen müssen, das Abschneiden der Blätter entbehrlich zu machen, und es ist mir gelungen, die Forderung zu erfüllen.

Der Untersuchung der unversehrten Blätter am Topfe steht nur im Wege, dass die Blätter und besonders ihre blattartigen Stiele dicht bei einander mit ihren unteren Flächen der Topferde resp. dem Topfe selbst unmittelbar aufliegen,

so dass die für die Untersuchung erforderliche Isolation und Zugänglichkeit des Blattes ohne Verletzung des Topfes nicht zu erreichen sind. Ich liess deshalb durch Hrn. Barleben das junge Pflänzchen jedesmal in einen kleinen Topf mit ausgeschlagenem Boden, den Bodenrand nach oben gerichtet, einsetzen, dann den kleinen Topf auf einen gleichfalls mit Sphagnum und verrotteter Sphagnum-Erde gefüllten grösseren Topf stellen und schliesslich die Füllung des letzteren Topfes bis zum oberen Rande des kleinen Topfes erhöhen (s. Fig. 1). Nun breiteten sich die Blattstiele und Blätter bei ihrer Entwickelung auf der den kleinen Topf umkleidenden Sphagnum-Hülle aus; und es war nur nöthig, an der Stelle des für die Untersuchung ausgewählten Blattes die Sphagnum-Hülle in einiger Ausdehnung zu entfernen, um das Blatt in der erforderlichen Weise isoliren und die Apparate bequem heranbringen zu können. Höchstens war noch durch passend in die Sphagnum-Hülle eingestossene Glasstäbe die Isolirung des Blattes von den Nachbarblättern zu unterstützen. Nach Abschluss der Prüfung des Blattes wurde das vorher entfernte Sphagnum wieder untergelegt, und der Topf stand später, unversehrt wie zuerst, für die weitere Untersuchung zur Verfügung.

Bei den hiesigen wie bei den amerikanischen Dionaeen habe ich das angezeigte Hülfsmittel unentbehrlich gefunden. Bei den englischen Exemplaren dürfte es nur nützlich sein, weil die mehr vom Boden sich abhebenden Blattstiele wohl auch ohnedies, wenngleich schwieriger, die Untersuchung der Blätter am Topfe zulassen würden. Die Möglichkeit der wiederholten Prüfung der unversehrten Blätter am unversehrten Topfe gewährt eine hohe Befriedigung, und ich habe dieses Verfahren vorzugsweise geübt. Das Abschneiden der Blätter lässt sich dann für die Versuche aufsparen, für welche es unumgänglich ist, und für den Spätherbst, wo die weitere Schonung der Blätter doch zwecklos wäre. Die mit dem Stiele abgeschnittenen Blätter habe ich nicht länger als während 30 Minuten zur Untersuchung brauchbar gefunden; aber innerhalb der ersten 15—20 Minuten unterschieden sie sich auch

gar nicht merklich von den unversehrten Blättern am Topfe. Diese letzteren habe ich bis 30 Minuten lang frei an der Luft untersuchen können, ohne dass der Topf darunter Schaden nahm. Selbstverständlich musste durch ausgebreitetes feuchtes Fliesspapier, Alcarazza's u. dergl. für eine feuchte Atmosphäre in der Umgebung der geprüften Blätter gesorgt sein.

Zur Fixirung der abgeschnittenen Blätter habe ich mich mit Vortheil der kleinen Blattzwinge bedient, welche Fig. 13 zeigt. Die schräg schraffirten Theile sind von Hartgummi, die anderen von Messing hergestellt. Die Vorrichtung war am du Bois'schen allgemeinen Träger befestigt, und zwischen die verstellbaren schmalen Hartgummi-Platten wurde ohne Pressung das Zwischenglied (zwischen Blattstiel und Blatt) gebracht. Natürlich lässt sich die Vorrichtung auch zur Fixirung der Blätter am Topfe benutzen, man kommt dort aber in der Regel gut ohne dieselbe aus.

Nach diesen Vorbemerkungen kann ich zur Darlegung der Untersuchung übergehen. Ich schliesse mich bei derselben hinsichts der Bezeichnung der Blatt-Theile, -Seiten, -Ränder u. s. w. dem vorhergehenden Aufsatze des Hrn. Kurtz an, der überall den nöthigen Aufschluss gewähren wird. Nur zweierlei Bezeichnungen treten hinzu und bitte ich besonders beachten zu wollen. Ich nenne das Stielende des Blattes das vordere, das entgegengesetzte freie Ende (die Blattspitze) das hintere Ende des Blattes und spreche demgemäss von „vorn“ und „hinten“, „vorderem“ und „hinterem“ Blattrande u. s. w. Ferner nenne ich einen Strom oder eine Kraft, wenn sie im Blatte von vorn nach hinten gerichtet ist, aufsteigend, wenn sie die umgekehrte Richtung hat, absteigend. Ich verkenne nicht, dass gegen diese Bezeichnungen, besonders die letzteren, Manches einzuwenden ist; allein sie können nach der gegebenen Definition Dunkelheiten nicht mehr veranlassen, und sie werden mir zu häufig die wünschenswerthe Kürze des Ausdrucks gestatten, als dass ich sie sollte entbehren mögen.

§. 2. Von der Vertheilung der Spannungen an der Oberfläche des Dionaea-Blattes.

Hrn. Sanderson's Bemerkungen über die elektromotorische Wirkung des Dionaea-Blattes beschränken sich auf die folgende Angabe[1]: „Wenn die entgegengesetzten Enden eines lebenden Blattes von Dionaea mittelst nicht polarisirbarer Elektroden in metallische Verbindung gebracht werden und ein Thomson'sches Spiegelgalvanometer mit hohem Widerstande in den so gebildeten Kreis eingeschaltet wird, so ist eine Ablenkung bemerkbar, die einen von dem Stielende zu dem dem Stiele abgewendeten Ende des Blattes gerichteten Strom angiebt. Diesen Strom nenne ich den normalen Blattstrom[2]. . . Um (ihn) zu demonstriren, hat man nicht nöthig, irgend eine Schnittfläche den Elektroden auszusetzen.“ Und immer ist es sodann dieser selbe Strom, an welchem Hr. Sanderson die elektrotonischen Veränderungen und die negative Schwankung constatirt.

Die Richtung des Stromes im Blatte, nicht im Galvanometerdrahte, ist in den angeführten Worten gemeint, und Hrn. Sanderson's Angabe ist leicht zu bestätigen: man findet in der That regelmässig zwischen jenen Blattenden, nach unserer Bezeichnungsweise, einen aufsteigenden Strom. Aber damit ist nur ein erster Schritt zur Kenntniss der elektromotorischen Wirkungen des Dionaea-Blattes gethan, und wir wollen diese Wirkungen jetzt genauer verfolgen.

Meine Versuchsweise bot nichts Besonderes. Die Elektroden bildeten du Bois'sche Zuleitungsröhren mit Thonspitzen, deren Thon mit dreiviertelprocentiger Kochsalzlösung angeknetet und deren Gestalt dem jedesmaligen Bedürfnisse angepasst war[3]. Der Wiedemann'schen Bussole mit aperiodisch

1) Centralbl. S. 833—4; Proceed. p. 495; Nat. p. 128.

2) Diesen im Centralbl. ausgefallenen kurzen Satz („Diesen — Blattstrom“) ergänze ich nach dem sonst gleichen Texte der Proceed.

3) Hrn. Sanderson's Elektroden (Nat. p. 128) haben eine zu plumpe Form, als dass sie für die feinere Untersuchung des Blattes brauchbar wären; nach der Fig. 2 a. a. O. zu schliessen, war sogar

gemachtem[1]) Magnete war eine angemessene Empfindlichkeit ertheilt. Zur Messung der elektromotorischen Kraft diente die von du Bois-Reymond modificirte Poggendorff'sche Compensationsmethode.

Die Elektroden berühren zuerst immer und ausschliesslich die untere Blattfläche.

Gleich gelegene Punkte der beiden Blattflügel erweisen sich als gleichartig. Wirkliche Stromlosigkeit kommt allerdings nur selten vor; aber der zur Beobachtung kommende Strom ist immer nur sehr schwach, die Kraft nur sehr klein, und die Richtung ist eine ganz regellose, bei erneuter Anlagerung der einen Thonspitze häufig die umgekehrte wie zuvor. Da ferner schon ganz geringe Verschiebungen der einen oder der anderen Elektrode die vorhandene Richtung oft in die entgegengesetzte umschlagen machen, und da der Einfluss solcher Verschiebungen auf die Richtung nach den später zu entwickelnden Gesetzen sich gut vorhersagen lässt, so kann kein Zweifel sein, dass wir es mit einer unwirksamen Anordnung zu thun haben, die nur, wegen der Schwierigkeit der gleichen Einstellung an beiden Flügeln, selten sich streng herstellen lässt. Es ist also zu beiden Seiten der Mittelrippe Alles symmetrisch, und nur Ein Blattflügel mit der Mittelrippe bleibt weiter zu betrachten.

Denkt man sich die Mittelrippe der Länge nach in zwei ungleiche Theile zerfällt, einen kürzeren hinteren und einen längeren vorderen Theil, so ist in jedem dieser Theile jeder dem inneren Ende nähere Punkt positiv gegen jeden entfernteren Punkt. Der positivste Punkt der Mittelrippe liegt etwa am vorderen Ende ihres hintersten Drittels, und mit dem Wachsen des Abstandes von diesem Punkte nimmt die Positivität nach beiden Enden hin ab, so jedoch, dass sie bis zum vorderen Ende wesentlich weiter abnimmt, als bis zum hinte-

---

schon die Ableitung von den Blattenden eine recht grobe, viel zu ausgedehnte.

1) E. du Bois-Reymond, Monatsber. der Berl. Akad. 1873. S. 761 ff.

ren Ende. Bleibt die eine Thonspitze am vorderen Ende der Mittelrippe stehen, und verschiebt man die andere Thonspitze an der Mittelrippe nach hinten, so findet man immer eine aufsteigende Kraft: ihre Grösse wächst zuerst an und erreicht, wenn die wandernde Thonspitze am vorderen Ende des hintersten Drittels angelangt ist, ein Maximum, nimmt dann aber wieder ab, so dass sie nur noch ohngefähr die Hälfte des Maximums beträgt, wenn die wandernde Thonspitze an das hintere Ende der Mittelrippe gekommen ist. Hält man umgekehrt die eine Elektrode am hinteren Ende der Mittelrippe fest und verschiebt die andere Elektrode an der Mittelrippe nach vorn, so zeigt sich zuerst eine absteigende Kraft, welche, bis das vordere Ende des hintersten Drittels erreicht ist, wächst und darauf, bis das vordere Ende des zweiten Drittels erreicht ist, auf Null abnimmt; schliesslich aber tritt eine aufsteigende Kraft auf, die allmählich ohngefähr dieselbe Grösse gewinnt, welche vorher das Maximum der absteigenden Kraft besass. (1.—6. Fig. 14; 7. und 8. Fig. 15.)

Linien, welche man sich in der Fläche eines Blattflügels senkrecht auf die Mittelrippe gezogen denkt, wollen wir Querlinien des Blattes nennen. Jeder Punkt einer solchen Querlinie erweist sich negativ gegen den zugehörigen Punkt der Mittelrippe; und regelmässig nimmt die Negativität der Blatt-Punkte mit dem Wachsen des Abstandes von der Mittelrippe zuerst bis zu einem Maximum zu und dann bis zum äusseren Blattrande hin wieder ab. Der negativste Punkt der Querlinie fällt nie mit der Mitte der Linie zusammen, sondern befindet sich immer dem äusseren Blattrande näher als der Mittelrippe. An der mittelsten Querlinie ist der negativste Punkt nur wenig von der Mitte der Linie entfernt; aber diese Entfernung und die Annäherung an den äusseren Blattrand werden verhältnissmässig immer grösser, je mehr die Querlinie dem vorderen oder dem hinteren Blattrande nahekommt. Punkte derselben Querlinie, welche zu beiden Seiten des negativsten Punktes gelegen sind, erweisen sich bei gleichem Abstande von diesem Punkte ohngefähr gleichartig; bei un-

gleichem Abstande ist der vom negativsten Punkte entferntere Punkt positiv gegen den näheren Punkt. (9.—23. Fig. 14.)

Durch die Verbindung der negativsten Punkte aller Querlinien erhält man die (punktirte) Curve *aa* Fig. 15, welche der Mittelrippe nahezu parallel verläuft und die Haupt-Längslinie des Blattflügels heissen mag. Alle dieser Linie angehörigen Punkte ergeben sich als gleichartig: immer nur sehr schwache Ströme von unbestimmter Richtung kommen hier zur Beobachtung, gleichviel ob die beiden geprüften Punkte in der vorderen oder in der hinteren oder in beiden Hälften des Blattflügels sich befinden. Dasselbe Verhalten stellt sich dann auch für Punkte heraus, welche anderen der Mittelrippe parallelen Längslinien nach innen von der Haupt-Längslinie angehören (24.—27. Fig. 15). Nur in den der Mittelrippe nahen Längslinien scheint zwischen Punkten der hinteren Blattflügel-Hälfte eine schwache absteigende, zwischen Punkten der vorderen Blattflügel-Hälfte eine schwache aufsteigende Kraft zu bestehen; doch hat es mir hier nicht gelingen wollen, eine einfache Gesetzmässigkeit in den Spannungen regelmässig wiederzufinden.

Von den Mitten zweier Querlinien, welche beide in der vorderen oder beide in der hinteren Blattflügel-Hälfte sich befinden, ist regelmässig die dem vorderen resp. hinteren Blattrande nähere Mitte positiv gegen die entferntere Mitte; und es wächst die im ersteren Falle absteigende, im letzteren Falle aufsteigende Kraft mit der Spannweite des Bogens. Dasselbe ergiebt sich, wenn an die Stelle der Mitten der Querlinien solche Punkte der Querlinien treten, welche etwa um ein Drittel der Länge dieser Linien von der Mittelrippe entfernt sind. Beträgt aber der Abstand der geprüften Punkte der Querlinien von der Mittelrippe etwa drei Viertel oder mehr der Länge dieser Linien, oder sind die geprüften Punkte am äusseren Rande des Blattflügels gelegen, so ist umgekehrt immer der vom vorderen resp. hinteren Blattrande entferntere Punkt positiv gegen den näheren Punkt; die hier somit in der vorderen Blattflügel-Hälfte aufsteigende, in der hinteren absteigende Kraft wächst übrigens gleichfalls mit der Spann-

weite des Bogens. Gehören endlich solche Punkte, wie wir sie eben betrachteten, Querlinien an, welche die eine in der vorderen, die andere in der hinteren Blattflügel-Hälfte sich befinden, so stellt sich, bei gleichem Abstande der Querlinien von der mittelsten Querlinie des Blattflügels, bald dieser bald jener Punkt als positiv resp. negativ dar, und der Spannungsunterschied der beiden Punkte ist nur gering; dagegen ist bei wesentlich ungleichem Abstande der beiden Querlinien von der mittelsten Querlinie regelmässig der der letzteren Linie nähere Punkt in den inneren drei Vierteln des Blattflügels ansehnlich negativ, im äusseren Viertel des Blattflügels ansehnlich positiv gegen den entfernteren Punkt. (32.—37. Fig. 14; 28.—31. und 38.—44. Fig. 15.)

Man übersieht, die Haupt-Längslinie ist der Inbegriff der negativsten Punkte jedes Blattflügels, welchen als positivster Punkt des Blattes das vordere Ende des hintersten Drittels der Mittelrippe gegenübersteht. Und wie am ganzen Blatte zu beiden Seiten der Mittelrippe, so ist wiederum an jedem Blattflügel zu beiden Seiten der mittelsten Querlinie Alles symmetrisch. Die volle Symmetrie des Blattes in elektromotorischer Beziehung erscheint nur dadurch gestört, dass der positivste Punkt an der Mittelrippe über die Mitte derselben hinaus nach hinten gerückt ist.

Ich habe noch eine ganze Reihe anderer Prüfungen vorgenommen, indem ich immer einen einzelnen Punkt der Mittelrippe oder des Blattflügels nach einander mit den verschiedensten anderen Blatt-Punkten verband. Die Ergebnisse dieser Prüfungen boten aber nichts Bemerkenswerthes weiter dar, sondern bestätigten nur die angeführten Ermittelungen, nach welchen sie vorherzusagen gewesen wären. Ich darf mich deshalb auch damit begnügen, einige solche Prüfungen in den Figg. 14 und 15 vorzuführen (45.—48.).

Wir kennen also jetzt die Vertheilung der Spannungen an der unteren Blattfläche; denn ausschliesslich dieser Fläche waren, wie ich oben hervorhob, bisher die Elektroden angelegt. Ob die untersuchten Blätter offen waren oder geschlossen, darüber habe ich absichtlich noch Nichts gesagt,

weil es sich als gleichgültig erwies. Aus leicht erklärlichen Gründen begann ich mit der Prüfung weit offener Blätter, an welchen die Blattflügel etwa einen rechten Winkel mit einander bildeten. Indem ich jedoch bald, in Rücksicht auf die Ausnutzung des Materials, mit der Bestimmung der elektromotorischen Oberfläche Reizversuche verband, musste ich öfters neben ganz geöffneten Blättern andere untersuchen, welche sich nach der Schliessung noch nicht völlig oder sogar erst zu einem kleinen Theile wieder geöffnet hatten; und auch an diesen Blättern fand ich die gleiche Vertheilung der Spannungen. Dieselbe Wahrnehmung machte ich weiter, als ich in den Kreis der Untersuchung auch kleine Blätter zog, welche überhaupt erst sich zu öffnen begonnen hatten, so dass der Winkel zwischen den Blattflügeln nur 20—30° betrug. Endlich prüfte ich noch ganz ausgewachsene, weit geöffnete Blätter ein erstes Mal vor der Reizung und ein zweites Mal, nachdem sie in Folge der Reizung sich geschlossen hatten: auch hier stellte sich die Vertheilung der Spannungen beide Male als die gleiche heraus. *Es ist also die Vertheilung der Spannungen an der unteren Blattfläche unabhängig von dem Winkel, welchen die Blattflügel mit einander bilden.*

Der Prüfung der *oberen* Blattfläche setzt deren Empfindlichkeit[1]) Schwierigkeiten in den Weg, jedoch nicht unüberwindliche. Natürlich benutzt man hier mit Vorliebe solche Blätter, welche recht weit offen sind. Auf die Musterung der Oberseite der Mittelrippe und der anstossenden Partien der Blattflügel muss man freilich auch dann verzichten, ebenso auf die Untersuchung der Stellen, an welchen sich die sensiblen Haare befinden; im Uebrigen aber gelingen die Prüfungen ganz gut, wenn man nur vorsichtig jede Bewegung[1]) der Haare vermeidet und die lang ausgezogenen, passend gekrümmten Thonspitzen recht behutsam, ja nicht rasch drückend aufsetzt. Man findet auf diese Weise, man mag zwei Punkte derselben Querlinie oder auch zwei Punkte verschiedener

---

1) S. unten §. 5.

Querlinien in demselben Blattflügel oder endlich zwei gleich gelegene Punkte der beiden Blattflügel verknüpfen, an der oberen Blattfläche Alles gerade so wieder, wie wir es an der unteren Blattfläche kennen gelernt haben: dieselben Richtungen der Kraft, dieselben relativen Grössen und Umkehrungen derselben, dieselbe Symmetrie, u. s. w. Und indem man bei dieser Sachlage gewiss berechtigt ist, von dem zugänglichen grösseren Theile der oberen Blattfläche auf den unzugänglichen kleineren Theil derselben zu schliessen, ergiebt sich also, dass an der oberen Blattfläche die gleiche Vertheilung der Spannungen herrscht, wie an der unteren Blattfläche.

Aber noch mehr. Setzt man die beiden Elektroden an derselben Stelle des Blattflügels oben und unten auf, berührt man also zwei gleich gelegene Punkte der beiden Blattflächen, so beobachtet man in den bestgelungenen Versuchen zwischen den beiden Punkten nur einen sehr schwachen Strom und eine nicht der Rede werthe Kraft, deren Richtung zudem das eine Mal den oberen, das andere Mal den unteren Punkt negativ gegen den zweiten Punkt erscheinen lässt. Sonst tritt in der Regel eine etwas grössere, aber immerhin nur unbedeutende Kraft auf, gleichfalls von wechselnder Richtung; und hier kann man in vielen Fällen sich durch den Augenschein davon überzeugen, dass die beiden Thonspitzen ein wenig gegen einander verschoben sind. Der Art der Verschiebung scheint dabei die bestehende Richtung der Kraft, gemäss unseren früheren Ermittelungen, zu entsprechen, wenn man sich die beiden Thonspitzen an derselben Blattfläche befindlich denkt; und manchmal gelingt es sogar, durch eine geringe Verrückung der einen Elektrode, so dass die entgegengesetzte Verschiebung eintritt, die vorhandene Richtung der Kraft in die umgekehrte umschlagen zu machen. Welche Stelle des Blattflügels man für den Versuch wählt, ist durchaus gleichgültig: überall findet sich der gleich gute Erfolg bei richtiger Einstellung der Elektroden. Man kann aber auch dem Versuche mit Hülfe einer dritten Elektrode noch eine eclatantere und übersichtlichere Gestalt geben. Zwei Elektroden werden

oben und unten, so wie bisher, einander gerade gegenüber angelegt, irgendwo an dem Blattflügel, wir wählen die Punkte *O* und *U* in der Gegend der Haupt-Längslinie; mit der dritten Elektrode wird die untere Seite der Mittelrippe, am besten ein Punkt *M* hinter der Mitte derselben, berührt: alsdann werden nach einander immer je zwei der drei Elektroden verbunden — in beliebiger Reihenfolge. Es zeigt sich zwischen *O* und *M* stets eine beträchtliche Kraft von *O* nach *M*; zwischen *U* und *M* stets eine ebenso beträchtliche Kraft von *U* nach *M*, nur wenig grösser oder kleiner als die erste Kraft; endlich zwischen *O* und *U* stets eine unbedeutende Kraft, die nur einen kleinen Bruchtheil der vorigen beiden Kräfte ausmacht, gerichtet in den einen Versuchen von *O* nach *U*, in den anderen Versuchen von *U* nach *O*, nicht selten in Richtung und Grösse sehr gut entsprechend dem Unterschiede der beiden ersteren Kräfte. Es unterliegt also keinem Zweifel, dass, wenn zwischen gleich gelegenen Punkten der beiden Blattflächen überhaupt ein Spannungsunterschied besteht, derselbe jedenfalls nur höchst gering ist; so dass wir festhalten dürfen, dass auch die absolute Grösse der Spannungen an der oberen und an der unteren Blattfläche die gleiche ist.

§. 3. Von der Grösse der elektromotorischen Wirkungen des Dionaea-Blattes und von ihrer Abhängigkeit von verschiedenen Umständen.

Alle die vorgeschilderten elektromotorischen Wirkungen des Dionaea-Blattes sind aber an eine wesentliche Bedingung geknüpft, an das Leben des Blattes. Schon die S. 36 angeführten Worte von Hrn. Sanderson deuten an, dass der dort angezeigte Strom ausschliesslich dem lebenden Blatte zukommt: und dem ist nur beizustimmen. Bewahrt man abgeschnittene vollentwickelte Blätter in der feuchten Kammer bei einer Zimmertemperatur von ca. 25° C. auf, so sieht man deren elektromotorische Wirkungen mit der Zeit abnehmen, bis sie nach mehreren Stunden ganz verschwunden sind. Setzt man solche Blätter überdies der directen Einwirkung der Sonne aus, so

dass sie rascher verwelken, so lassen dieselben schon nach kürzerer Zeit keine Spur mehr von Strömen wahrnehmen. Blätter, welche 1—2 Minuten lang in kochendem Wasser oder 10—15 Minuten lang in Wasserdämpfen von 70° C. verweilt haben, werden danach ganz stromlos gefunden. Auch gebräunte, am Topfe selbst abgestorbene Blätter erweisen sich durchaus unwirksam. Die elektromotorischen Wirkungen des Dionaea-Blattes sind also eine Lebenseigenschaft desselben und nehmen bei seinem allmählichen Absterben allmählich ab[1]). Die Reizbarkeit des Blattes überdauern sie einige Zeit; denn an den im feuchten Raume bei 25° C. aufbewahrten Blättern findet man die Reizbarkeit etwa nach 2 Stunden erloschen, so dass keinerlei Zerrung der sensiblen Haare, keinerlei Angriff des Blattes überhaupt die Schliessung des Blattes mehr herbeiführt: während Reste der ursprünglichen Ströme dann noch durch Stunden fortbestehen.

Wie nach den Erscheinungen am abgestorbenen Blatte zu erwarten, sind die elektromotorischen Wirkungen weiter abhängig von dem Ernährungszustande des Blattes, seiner Lebensfülle oder Lebensfähigkeit. Ich habe im Herbste 1874 dieselben prächtig ausgewachsenen Blätter an den Töpfen wiederholt der Prüfung unterzogen. Dabei ergaben sich zuerst im October sehr ansehnliche Wirkungen, und ich fand der Zeit die grössten Kräfte, welche mir überhaupt vorgekommen sind. Als aber Ende October und Anfangs November die Töpfe sichtlich zurückgegangen und die Blätter schlaffer

---

1) Ich habe öfters an Blättern, die abgeschnitten oder am Topfe dem Tode nahe waren, die Kräfte umgekehrt gerichtet gefunden, indem zwischen den beiden Enden der Mittelrippe eine absteigende Kraft bestand, Punkte der Haupt-Längslinie positiv waren gegen die zugehörigen Mittelrippen-Punkte u. s. w. Ob solche Umkehr der Kräfte vor dem Tode regelmässig eintritt, muss ich dahingestellt sein lassen, da ich die Frage nicht weiter verfolgt habe. Die in Rede stehenden Versuche über das Absterben ausgenommen, sind alle Erfahrungen, welche ich mittheile, an frischen und gesunden Blättern, welche die im §. 2 angegebene Vertheilung der Spannungen an der Oberfläche zeigten, gemacht.

geworden waren, hatten auch die Kräfte auffallend abgenommen.

Hierher gehören wohl auch noch zwei andere Erfahrungen, welche ich gemacht habe. Die Blätter unserer Pflanze entwickeln sich eines nach dem anderen und sind, bis die Pflanze gegen den Winter hin zurückgeht, ausgewachsen desto grösser, je später sie sich entwickelt haben. Ich habe nun an den kleineren Blättern, welche bereits im Juli ausgewachsen waren, ceteris paribus die Kraft durchweg geringer gefunden, als an den erst im October vollentwickelten Blättern. Andererseits haben mir zu jeder Zeit an einem und demselben Topfe die grösseren Blätter eine grössere Kraft geliefert als die kleineren Blätter, auch dann, wenn die ersteren bereits ausgewachsen und die letzteren noch im Wachsen begriffen waren. Ich meine, dass auch für diese Fälle die grössere Kraft der grösseren Lebensfülle entsprechen dürfte, da sichtlich die Blätter, je grösser, desto strotzender und üppiger entwickelt sind. Es bleibt jedoch zu bedenken, dass die elektromotorischen Wirkungen, ausser mit der Lebensfähigkeit, auch mit der Grösse des Blattes wachsen könnten.

Die absolute Grösse der Kräfte, welche am Dionaea-Blatte zur Beobachtung kommen, ist eine recht beträchtliche. Den Spannungsunterschied zwischen einem Punkte in der Gegend der Haupt-Längslinie und einem Punkte in der hinteren Hälfte der Mittelrippe = 0·04—0·05 Daniell zu finden, ist nichts Ungewöhnliches, und ich habe ihn mehrmals sogar 0·07 D. erreichen sehen. Zwischen anderen Punkten des Blattes ergaben sich kleinere Werthe, entsprechend der oben dargelegten Vertheilung der Spannungen. Bei der Ableitung von beiden Enden der Mittelrippe betrug die Kraft im Mittel 0·015 D.

§. 4. Von dem Sitze und der Anordnung der elektromotorischen Kräfte im Inneren des Dionaea-Blattes.

Woher stammen nun die elektromotorischen Wirkungen unseres Blattes?

Aeussere chemische Ungleichartigkeiten sind ihre Quelle

sicherlich nicht. Allenfalls nach Hrn. Sanderson's Mittheilungen, die blos den Strom zwischen den Blattenden kannten, hätte eine solche Vermuthung bestehen können; denn auch die Veränderungen, welche dieser Strom bei der Reizung des Blattes, bei dem Abschneiden des Blattstieles u. s. w. zeigte, wären noch mit ungleichartigen Secreten und ungleichzeitigen Secretionen, freilich willkürlich, zu erklären gewesen. Jetzt aber, nachdem wir die elektromotorische Oberfläche des Blattes kennen gelernt haben, kann von der Vermuthung nicht mehr die Rede sein. Schon die Spannungen einer einzelnen Blattfläche von äusseren Ungleichartigkeiten abzuleiten, könnte nur mittelst Häufung der abenteuerlichsten Hypothesen gelingen; und setzte man sich auch darüber hinweg, man scheiterte unbedingt bei der Vergleichung der oberen und der unteren Blattfläche. Nirgends eher war man berechtigt, äussere Ungleichartigkeiten im Spiele zu erwarten, als bei der Verknüpfung dieser beiden Flächen, die schon durch ihre Farbe und ihren Drüsen-Gehalt sich so auffällig unterscheiden; und doch hat sich nicht nur die Vertheilung der Spannungen, sondern auch deren absolute Grösse an beiden Flächen im Wesentlichen gleich herausgestellt. Mit aller nur wünschenswerthen Klarheit zeigt gerade dieses Ergebniss, dass, wenn äussere Ungleichartigkeiten am Blatte vorkommen, dieselben doch nicht weiter von Bedeutung sind und unsere Bestimmungen der elektromotorischen Oberfläche nicht merklich beeinflusst haben.

Die Ursache der elektromotorischen Wirkungen unseres Blattes müssen also elektromotorische Kräfte sein, welche im Inneren des Blattes ihren Sitz haben. Aber das Blatt ist ein recht zusammengesetztes Gebilde, und unter seinen verschiedenen anatomischen Bestandtheilen gilt es die wirksamen ausfindig zu machen und die Art ihrer Wirksamkeit kennen zu lernen. Was für den Zweck am nächsten liegt, das Blatt zu zerstückeln, das verspricht keinen Erfolg; denn einerseits würde die Isolirung der Theile zu unvollkommen ausfallen und würden die isolirten Theile die nöthige Prüfung kaum zulassen, andererseits würde auch der gewaltige Eingriff an

sich Fehler setzen, welche schwerlich zu beherrschen wären. Es bleibt somit nur ein zweiter, viel umständlicherer Weg übrig, und diesen Weg wollen wir einschlagen. Bei einem elektromotorisch wirksamen Organismus ist die Voraussetzung berechtigt, dass, soweit die gleiche Organisation, soweit die gleiche Anordnung der elektromotorischen Kräfte besteht. Danach bietet sich der Möglichkeiten, wie die Kräfte in unserem Blatte vertheilt sein können, eine zwar grosse, doch begrenzte Anzahl dar, und die verschiedenen Vertheilungsweisen lassen sich durchgehen mit der Prüfung, ob sie die uns bekannte elektromotorische Oberfläche des Blattes liefern würden oder nicht. Sind die Dinge nicht zu verwickelt, ist die Sachlage nicht gar zu ungünstig, so kann es auf diese Weise gelingen, dem erstrebten Ziele nahe zu kommen.

(1.) Vorermittelungen.

Wir beginnen vortheilhaft mit einigen Voruntersuchungen.

Drei gleich grosse, rechteckige, mit den Flächen zusammengelöthete Platten, die beiden äusseren von Zink, die mittlere von Kupfer, seien in einem Troge überall gleichmässig von einer gleichartigen Flüssigkeit umgeben. Die Polarisation ausser Acht gelassen, stimmt diese schematische Vorrichtung hinsichts der elektromotorischen Oberfläche mehrfach mit unserem Blatte überein. Vergl. Fig. 16, welche die Vorrichtung bei *a* von der Fläche, bei *b* vom äusseren Rande gesehen darstellt[1]). Wir finden wieder die Symmetrie der oberen und der unteren Fläche, der vorderen und der hinteren Hälfte[2]), der rechten und der linken Hälfte; ferner in der Längsmittellinie (der Mittelrippe entsprechend) und an den seitlichen Rändern die Negativität der vorderen und der hinteren Punkte gegen die mittleren Punkte; endlich in den Querlinien die Positivität der Punkte in oder an der Längsmittellinie gegen die weiter nach aussen gelegenen Punkte. Aber daneben stossen wir doch auch sogleich auf

---

1) Bei dieser und allen folgenden Ansichten vom Rande ist das Zink durch Schraffirung ausgezeichnet.

2) Von der Unvollkommenheit der Symmetrie an der Mittelrippe des Blattes sehen wir vorläufig ab.

wesentliche Verschiedenheiten. Denn an der seitlichen Hälfte der Vorrichtung begegnen wir nicht auf dem Wege von innen nach aussen der Umkehr der Kraft, die wir am Blatte beobachteten, noch auch zeigt sich dort die Gleichartigkeit der einer mittleren Längslinie angehörigen Punkte oder die vorn absteigende, hinten aufsteigende Kraft zwischen den Mitten der Querlinien, wie wir sie am Blatte constatirten.

Ein Theil der Verschiedenheiten fällt fort, wenn zwei gleiche rechteckige Platten-Combinationen, deren äussere Platten von Kupfer, die mittlere von Zink, neben einander mit einer Lücke zwischen sich, sonst wie vorhin, in den Trog versenkt sind. Fig. 17 zeigt die neue Vorrichtung, bei *a* wiederum von der Fläche, bei *b* vom äusseren Rande gesehen. In der That, neben derselben Symmetrie wie zuvor, haben wir jetzt sowohl in den Querlinien selbst wie zwischen den Mitten dieser Linien dieselben Richtungen der Kraft, wie am Blatte. Aber dafür hat sich auch eine neue Abweichung eingefunden: in der Längsmittellinie und an den seitlichen Rändern sind die Endpunkte jetzt positiv gegen die mittleren Punkte, statt dass sie negativ sein sollten, wie bei der ersten Vorrichtung und wie am Blatte.

Bringen wir die beiden Vorrichtungen in ihrer Form dem Blatte näher, indem wir den Blechen wie den Trögen die Gestalt ertheilen, welche Fig. 16 *c* und Fig. 17 *c* vorführen, so bleibt Alles ebenso. Nur tritt jetzt, indem die Verbindungslinie der Mitten der Querlinien sich abgehoben hat von den mittleren Länglinien der seitlichen Hälfte, besonders deutlich die Verschiedenheit hervor, welche das Verhalten der letzteren Linien an beiden Vorrichtungen dem Blatte gegenüber darbietet.

Auch mannigfache weitere Modificationen der Vorrichtungen Fig. 16 *c* und Fig. 17 *c* ändern Nichts an den Ergebnissen. Die Bleche dürfen schrumpfen, so dass die von der Flüssigkeit erfüllten Räume an ihren Rändern gleichmässig wachsen. Statt jeder einzelnen Platten-Combination lassen sich mehrere gleiche Platten-Combinationen, mit Zwischenräumen, in der Höhe des Troges über einander symmetrisch anbringen. Man

kann die grossen Bleche durch eine Anzahl sehr kleiner — gegen die Berührungsflächen des zur Prüfung angelegten unwirksamen Bogens verschwindender —, sonst den bisherigen gleicher Bleche von gleicher Grösse ersetzen, die man regelmässig, mit gleichen kleinen Zwischenräumen, in derselben Ebene neben einander anordnet; wo dann natürlich für die Vorrichtung Fig. 17 *c* die Lücke zwischen den beiderseitigen Gruppen von Blechen die übrigen Lücken an Grösse übertreffen muss. Man kann ferner in den Vorrichtungen Fig. 16 *c* und Fig. 17 *c* an die Stelle der dortigen Platten-Combinationen je zwei Plattenpaare von Kupfer und Zink treten lassen, bei der ersten Vorrichtung mit ihren Kupferseiten, bei der zweiten mit ihren Zinkseiten einander zugekehrt, in beliebigem Abstande über einander, nur symmetrisch angeordnet. Statt je zweier solcher Plattenpaare lassen sich auch gleichgliederige Säulen in der Höhe des Troges einander entgegenwirkend anbringen, und jede solche grosse Säule lässt sich wieder durch eine Anzahl sehr kleiner, regelmässig neben einander angeordneter Säulen ersetzen. Ja, man kann dann sogar die Säulenpaare, welche sich in der Breite der Vorrichtung neben einander befinden, von der Mitte nach den Seiten hin an Zahl der Glieder gleichmässig abnehmen lassen. Alles dies, wie gesagt, thut Nichts zur Sache: wenn auch die elektromotorische Oberfläche der Vorrichtungen mancherlei Veränderungen erfährt, die Eigenschaften der Oberfläche, welche uns interessirten, bleiben immer dieselben, und die angegebenen Abweichungen vom Dionaea-Blatte bestehen fort.

Wir beseitigen nunmehr die Zinkkupfergrenzen längs dem vorderen und dem hinteren Rande unserer Bleche. Zu dem Ende werden auf diese Ränder passende Streifen aufgelöthet von demselben Metalle, von welchem die äusseren Glieder unserer Platten-Combinationen gebildet sind. Aus den Vorrichtungen Fig. 16 (*a*, *b*) und Fig. 17 (*a*, *b*) gehen so die Vorrichtungen Fig. 18 (*a*, *b*) und Fig. 19 (*a*, *b*) hervor, von welchen wir unseren neuen Ausgang nehmen. An beiden Vorrichtungen kehrt die geforderte Symmetrie wieder der oberen und der unteren Fläche, der vorderen und der hinteren

Hälfte, der rechten und der linken Hälfte. Auch finden sich wieder in den Querlinien bei der Vorrichtung Fig. 19 *a* dieselben Richtungen der Kraft, wie am Blatte, während bei der Vorrichtung Fig. 18 *a* die Umkehr der Kraft auf dem Wege von innen nach aussen sich vermissen lässt. Neu hinzutritt dann aber, bei beiden Vorrichtungen übereinstimmend, die Gleichartigkeit aller derselben Längslinie angehörigen Punkte, gleichviel um welche Längslinie es sich handelt, so dass die Längsmittellinie und die seitlichen Ränder nicht ausgenommen sind. Die neuen Vorrichtungen bieten danach sichtlich nicht minder wesentliche Abweichungen vom Blatte dar, als unsere früheren Vorrichtungen.

Wiederum ohne dass an den Ergebnissen sich etwas ändert, lassen die Vorrichtungen Fig. 18 *a* und Fig. 19 *a* mehrfache Modificationen zu. Wir heften uns für's Erste ausschliesslich an die Vorrichtung Fig. 19 *a*. Wie diese Vorrichtung uns vor den Augen steht, können wir ihre beiden metallischen Theile als sehr platte gerade Zinkcylinder mit verkupfertem Mantel ansehen, die ihre Grundflächen einander zukehren. An die Stelle dieser Zinkcylinder dürfen dann ohne Weiteres ebenso platte gerade Kupfercylinder mit verzinkten Grundflächen treten. Weiter lassen sich statt jedes einzelnen derartigen Zink- oder Kupfercylinders mehrere gleiche Zink- resp. Kupfercylinder, mit Zwischenräumen, in der Höhe des Troges über einander symmetrisch anbringen. Man kann ferner jeden der bisherigen hohen und breiten Cylinder durch eine Anzahl gleicher und zwar entweder sehr schmaler Cylinder von unveränderter Höhe oder sehr niedriger Cylinder von unveränderter Breite ersetzen, die wie die früheren Cylinder zusammengesetzt sind, und die man regelmässig, mit gleichen kleinen Zwischenräumen, in derselben Ebene in der Breite resp. Länge des Troges neben einander so anordnet, dass ihre Grundflächen alle nach innen und nach aussen sehen. Endlich lässt sich der Ersatz der hohen und breiten Cylinder auch so bewerkstelligen, dass man viele gleiche und zwar zugleich sehr schmale und sehr niedrige Cylinder, die wie die grossen Cylinder beschaffen sind, aber nicht platt

zu sein brauchen, in derselben, eben angegebenen Weise nach der Länge und der Breite des Troges an einander reiht. Alle diese verschiedenen Vorrichtungen finden wir gleichwerthig der Vorrichtung Fig. 19 *a*: in allen Fällen bietet die elektromotorische Oberfläche der Vorrichtung in gleicher Weise die Eigenschaften dar, welche wir von der Vorrichtung Fig. 19 *a* oben anführten.

Jetzt ertheilen wir unserer Vorrichtung Fig. 19 *a* angenähert die Gestalt des Blattes, wie es Fig. 19 *c* zeigt: jeder der beiden platten Zinkcylinder mit verkupfertem Mantel ist von der Mitte der äusseren Grundfläche aus nach vorn und nach hinten hin gleich schräg abgeschnitten, und die Flüssigkeit im Troge ist so eingeengt, dass sie auch ferner die Bleche überall gleichmässig umgiebt. Daneben ziehen wir sogleich noch eine einzelne der gleichwerthig erfundenen Vorrichtungen in Betracht, und zwar, mit Uebergehung aller Zwischenstufen, die letzterwähnte Vorrichtung mit den vielen niedrigen und schmalen Cylindern, die jetzt entsprechend die Gestalt gewinnt, welche Fig. 20 (für die Anordnung der metallischen Theile Fig. 20 *A*[1]) vorführt. Der Untersuchung dieser beiden Vorrichtungen ist aber Einiges vorauszuschicken.

Unvermerkt sind wir mit der Vorrichtung Fig. 19 *a* in ein weit ausgebautes Gebiet eingetreten, in die Lehre von dem Muskelstrome. Der kupferne, am Mantel verzinkte, überall mit einer gleich dicken Schicht eines feuchten Leiters überzogene Cylinder hat sich als erstes Schema des Muskels in elektromotorischer Beziehung dargeboten; und wir prüften, könnte man sagen, in dem platten Zinkcylinder mit verkupfertem Mantel, den gleichmässig eine gleichartige Flüssigkeit umgab, ein erstes Schema unseres Blattflügels. Wenn wir wollten, konnten wir dort in Rücksicht auf die elektromotorische Oberfläche, ohne übrigens das Dionaea-Blatt irgend weiter in Verbindung mit dem thierischen Muskel zu bringen,

---

1) In den Figg. 20 *A*, *B* und *C*, den Figg. 21 *A*, *B* und *C* und den Figg. 24 *A*, *B* und *C* ist überall das Zink dunkel, das Kupfer hell angegeben.

zum Vergleiche mit unserem Blatte heranziehen zwei mit den Grundflächen (künstlichen Querschnitten) an einander gelegte Muskeln, deren Spannungen verkehrt, an den Grundflächen positiv und am Mantel negativ wären. Aber mit solcher vergleichenden Betrachtung an sich wäre wenig gethan gewesen. Wichtig und von wirklicher Bedeutung war, dass von da an die reichen Ermittelungen Hrn. E. du Bois-Reymond's zur Theorie des Muskelstromes uns ausgezeichnete Anhaltspunkte boten, in dem Studium der Blattströme vorzuschreiten. An der Hand dieser Ermittelungen konnten wir unsere Vorrichtung Fig. 19 *a* modificiren; und sie sind es auch, welche uns augenblicklich zu Hülfe kommen.

Neben dem Strome zwischen Längs- und Querschnitt und neben den schwachen Strömen am Längsschnitte und am Querschnitte des senkrecht durchschnittenen Muskels hat Hr. du Bois-Reymond an dem schräg durchschnittenen Muskel noch die Neigungsströme aufgefunden[1]): Ströme, gerichtet im Bogen von der stumpfen zur spitzen Ecke, die sich zu den erstgenannten Strömen algebraisch summiren, und deren Stärke mit der Neigung des Querschnittes zuerst zunimmt und später wieder sinkt. Hr. du Bois-Reymond hat diese Neigungsströme aus seiner Molekularhypothese abzuleiten vermocht unter der wahrscheinlich gemachten Annahme, dass am schrägen Querschnitte die Längsreihen der peripolaren Gruppen dipolarer Molekeln mit ihren Enden einander stufenartig überragen. Alsdann bleibt nämlich nicht der Strömungsvorgang jeder Molekel auf ihren Hof beschränkt; und die letzten dipolaren Molekeln aller jener Längsreihen für sich betrachtet, ebenso die vorletzten, drittletzten u. s. w. Molekeln derselben Längsreihen bilden dem schrägen Querschnitte parallele Reihen dipolarer Molekeln in unvollkommener säulenartiger Anordnung: Schrägreihen, deren Molekeln in der 1., 3. und allen ferneren ungeraden Reihen ihre positiven Pole mehr der stumpfen, ihre negativen Pole mehr der spitzen Ecke des

---

1) Dies Archiv 1863. S. 521 ff. — Monatsber. der Berliner Akad. 1866. S. 387 ff.

Querschnittes zukehren, während in der 2., 4. und allen anderen geraden Reihen umgekehrt die positiven Pole der Molekeln mehr der spitzen, die negativen Pole mehr der stumpfen Ecke zugewandt sind. Die dem Querschnitte näheren ungeraden Schrägreihen überwiegen aber an Einfluss die entfernteren geraden Schrägreihen; ja, es käme sogar die erste Schrägreihe allein in Betracht, wenn, was anzunehmen Nichts hindert, der Abstand zweier dipolaren Molekeln, die zwei in einer Längsreihe benachbarten peripolaren Gruppen angehören, zurückträte gegen den Abstand zweier eine Gruppe bildenden Molekeln. Daraus resultirt, dass die elektromotorisch wirksamen Theile einen Strom durch sich selber senden in der Richtung von der spitzen zur stumpfen Ecke, in umgekehrter Richtung durch den umhüllenden feuchten Leiter; so dass für den Erfolg am angelegten Bogen ohne wesentlichen Fehler die stumpfe Ecke des schrägen Querschnittes als positive, die spitze Ecke als negative Einströmungsstelle sich ansehen lässt. Diese für den Fall peripolarer Gruppen dipolarer Molekeln gemachte Ableitung der Neigungsströme hat natürlich ebenso für den Fall peripolarer Molekeln Gültigkeit, da es ja im Wesentlichen nur auf die Lage der elektromotorischen Flächen ankommt. Hr. du Bois-Reymond hat auch die Neigungsströme des Muskelrhombus an den rhombischen Muskelmodellen wiedergefunden, die mit peripolaren Molekelmodellen oder mit peripolaren Gruppen dipolarer Molekelmodelle hergestellt waren. Ein einfacher schiefer Kupfercylinder mit verzinktem Mantel, überall gleichmässig von gleichartiger Flüssigkeit umgeben, liefert dagegen die Neigungsströme nicht, und er kann sie nicht liefern: zu ihrem Auftreten ist es unbedingt erforderlich, dass die Negativität des Querschnittes durch die Einmischung des positiven Längsschnittes gestört ist, wie es beim schrägen Muskel-Querschnitte nicht nur sich von vorne herein versteht, sondern auch direct dadurch bewiesen wird, dass der schräge Querschnitt immer weniger negativ ist als der senkrechte Querschnitt.

Mit diesen Kenntnissen ausgerüstet, vermögen wir die beiden Vorrichtungen Fig. 19 *c* und Fig. 20 (*A*) zu beurtheilen.

Bei der Vorrichtung Fig. 19 *c* haben wir am inneren und am äusseren Rande der seitlichen Hälfte die gleiche Positivität; bei der Vorrichtung Fig. 20 (*A*) ist die Positivität am äusseren Rande kleiner als am inneren Rande, und dazu kommen noch die Neigungsströme, für welche die Mitte des äusseren Randes als positive, die vordere und die hintere Ecke des äusseren Randes als negative Einströmungsstellen aufzufassen sind. Construiren wir also mittelst des Princips der Superposition der Ströme die elektromotorischen Oberflächen der Vorrichtungen Fig. 19 *c* und Fig. 20 (*A*), so ergiebt sich Folgendes.

Bei beiden Vorrichtungen findet sich, in Uebereinstimmung mit dem Blatte: 1. die Symmetrie der oberen und der unteren Fläche, der vorderen und der hinteren Hälfte, der rechten und der linken Hälfte; 2. in den Querlinien die Umkehr der Kraft, die in der Nähe der Längsmittellinie nach innen, nächst dem äusseren Rande nach aussen gerichtet ist; 3. zwischen den Mitten zweier Querlinien oder zwischen solchen Punkten derselben Linien, die um $^1/_3$ oder $^1/_4$ der Länge der Linien von der Längsmittellinie entfernt sind, in der vorderen Hälfte eine absteigende, in der hinteren Hälfte eine aufsteigende Kraft. Aber im Weiteren gehen beide Vorrichtungen aus einander. In der Längsmittellinie und in den anderen Längslinien der Vorrichtung Fig. 19 *c* ist die Gleichartigkeit aller Punkte derselben Linie, welche die Vorrichtung Fig. 19 *a* darbot, verloren gegangen, und es sind in jeder Längslinie die der Mitte näheren Punkte negativ gegen die entfernteren Punkte. In den Querlinien der Vorrichtung Fig. 19 *c* ist ferner der negativste Punkt überall ohngefähr in der Mitte der Linie gelegen, so dass die Verbindungslinie der negativsten Punkte aller Querlinien nahezu mit der Verbindungslinie der Mitten derselben Linien zusammenfällt und mit ihrer Krümmung ähnlich dem äusseren Rande der betreffenden seitlichen Hälfte der Vorrichtung verläuft. Nach dem vorhin Gesagten versteht es sich dann auch, dass eine Gleichartigkeit der negativsten Punkte aller Querlinien nicht besteht, vielmehr immer der negativste Punkt einer dem vorderen resp. hinteren Rande näheren Querlinie positiv ist, gegen den negativsten

Punkt einer entfernteren Querlinie. Endlich tritt in derselben Vorrichtung Fig. 19 *c* sowohl an den äusseren Rändern der Vorrichtung, wie auch zwischen solchen Punkten zweier Querlinien, die um $^3/_4$ oder mehr der Länge der Linien von der Längsmittellinie entfernt sind, nicht die umgekehrte Kraft auf, wie zwischen den Mitten der Querlinien, sondern die gleichgerichtete Kraft, in der vorderen Hälfte der Vorrichtung eine absteigende, in der hinteren Hälfte eine aufsteigende Kraft. Die Vorrichtung Fig. 19 *c* weicht also in vielen Stücken eclatant vom Blatte ab. Ganz anders verhält sich die Vorrichtung Fig. 20 (*A*). Bei dieser sind in den mittleren Längslinien der seitlichen Hälfte der Vorrichtung alle Punkte derselben Linie nach wie vor gleichartig. Bei dieser sind ferner die negativsten Punkte der Querlinien desto weiter von der Mitte dieser Linien entfernt, desto näher an den äusseren Rand gerückt, je näher die Querlinien dem vorderen resp. hinteren Rande der Vorrichtung gelegen sind; und die Spannung der negativsten Punkte aller Querlinien ist dieselbe. Die Verbindungslinie der negativsten Punkte aller Querlinien ist von der Verbindungslinie der Mitten aller Querlinien losgelöst und verläuft ohngefähr parallel der Längsmittellinie. Bei dieser Vorrichtung endlich ist in der Längsmittellinie sowohl wie am äusseren Rande, wie auch zwischen solchen Punkten der Querlinien, die um $^3/_4$ oder mehr der Länge dieser Linien von der Längsmittellinie entfernt sind, die umgekehrte Kraft vorhanden, wie zwischen den Mitten der Querlinien, eine aufsteigende Kraft in der vorderen, eine absteigende Kraft in der hinteren Hälfte der Vorrichtung. So sehr also die Vorrichtung Fig. 19 *c* von unserem Blatte abweicht, gerade so sehr stimmt die Vorrichtung Fig. 20 (*A*) mit dem Blatte überein.

Vielleicht ist es nicht überflüssig zu bemerken, dass wir, unbekannt mit der Grösse des Unterschiedes in der Positivität zwischen dem inneren und dem äusseren Rande der seitlichen Hälfte der Vorrichtung und ebenso in Unwissenheit darüber, wie die Spannungen der Neigungsströme verhältnissmässig sich gestalten, begreiflich nicht für jede Vorrichtung von der durch Fig. 20 (*A*) repräsentirten Art behaupten kön-

nen, dass die Haupt-Längslinie des Blattflügels mit ihrer Lage und der gleichen Spannung aller ihrer Punkte an der Vorrichtung sich wiederfindet. Vielmehr lässt sich im Allgemeinen nur aussagen, dass an der Vorrichtung Fig. 20 (*A*) die Verbindungslinie der negativsten Punkte aller Querlinien zur Seite der Verbindungslinie der Mitten der Querlinien nach aussen gerückt sein und mehr parallel der Längsmittellinie verlaufen, auch die absteigende Kraft in ihrer vorderen, die aufsteigende Kraft in ihrer hinteren Hälfte, der Verbindungslinie der Mitten der Querlinien gegenüber, geringer sein muss. Aber zugleich lässt sich übersehen, dass im speciellen Falle, wenn gewisse, für uns augenblicklich untergeordnete Bedingungen, welche die Neigung des äusseren Randes, die geringere Positivität desselben u. s. w. betreffen, von der Vorrichtung erfüllt sind, die Verbindungslinie der negativsten Punkte aller Querlinien an der Vorrichtung alle Eigenschaften der Haupt-Längslinie unseres Blattflügels darbieten wird. Und diesen speciellen Fall bei unserer Vorrichtung Fig. 20 (*A*) verwirklicht anzunehmen, dem steht für unsere Zwecke Nichts im Wege.

Hervorgehoben zu werden verdient dann noch ein weiterer Punkt, in welchem unsere Vorrichtung Fig. 20 (*A*) sehr schön mit dem Blatte übereinstimmt. In allen Querlinien unseres Blattes ergab sich auch der äusserste Punkt der Querlinie negativ gegen den zugehörigen Punkt der Mittelrippe: der Spannungsunterschied zwischen diesen beiden Punkten war in den dem vorderen resp. hinteren Rande nahen Querlinien grösser als in den mittleren Querlinien, aber auch in der mittelsten Querlinie noch ansehnlich. Dieses Verhalten der äussersten Querlinien-Punkte treffen wir nun gerade ebenso bei unserer Vorrichtung Fig. 20 (*A*) wieder an, und zwar bedingt nicht durch die Neigungsströme allein, die es nur in den dem vorderen resp. hinteren Rande nahen Querlinien herbeiführen können, sondern wesentlich auch durch die geringere Positivität des äusseren Randes.

Nach alledem liegt, wenn wir von der Unvollkommenheit der Symmetrie an der Mittelrippe absehen, mit der es

eine eigene Bewandtniss haben muss, keine Erfahrung am Blatte vor, die nicht an unserer Vorrichtung Fig. 20 (*A*) sich wiederholt hätte. Diese Vorrichtung können wir also in elektromotorischer Beziehung ein zutreffendes Schema unseres Blattes nennen. Worunter wir aber natürlich nichts Anderes verstehen, als dass eine solche Vertheilung der Kräfte im Blatte, wie sie die Vorrichtung Fig. 20 (*A*) zeigt, die elektromotorische Oberfläche des Blattes liefern würde; denn es ist ja nicht ausgeschlossen, dass auch noch andere Vertheilungen der Kräfte von gleichem Werthe sich finden lassen.

Wir setzen deshalb auch unsere Prüfungen fort und haben in erster Linie noch diejenigen Modificationen der Vorrichtung Fig. 19 *a* zu betrachten, welche wir als Zwischenstufen vorher übergingen. Sie erhalten jetzt gleichfalls angenähert die Gestalt des Blattes. Die Vorrichtung, bei welcher statt des einen hohen und breiten Metallcylinders mehrere solche Cylinder in der Höhe des Troges über einander sich befinden, gleicht dann in ihrer elektromotorischen Oberfläche, soweit dieselbe Gegenstand unserer Untersuchung ist, ganz und gar der Vorrichtung Fig. 19 *c*. Dagegen stimmen in derselben Hinsicht mit der Vorrichtung Fig. 20 (*A*) überein die beiden anderen Vorrichtungen, bei welchen der jederseitige hohe und breite Metallcylinder das eine Mal durch sehr schmale Cylinder von unveränderter Höhe, das andere Mal durch sehr niedrige Cylinder von unveränderter Breite ersetzt ist, und die in ihrer jetzigen Gestalt wiederum Fig. 20 vorführt, mit Fig. 20 *B* resp. Fig. 20 *C* für die Anordnung der metallischen Theile. Allerdings hat Hr. du Bois-Reymond an rhombischen Modellen mit Rechtecken, deren lange Seiten aus Zink, deren kurze Seiten aus Kupfer bestanden, und die wie die Cylinder der Fig. 20 *B* angeordnet waren, die Neigungsströme nicht aufgefunden. Aber die Theorie verlangt, dass bei den Vorrichtungen Fig. 20 (*B*) und Fig. 20 (*C*) die geringere Positivität des äusseren Randes und die Neigungsströme desselben im Wesentlichen ebenso bestehen, wie bei der Vorrichtung Fig. 20 (*A*); und es ist sehr wohl denkbar, wie schon Hr.

du Bois-Reymond selber bemerkt hat[1]), dass an den Modellen nur besondere, dem Wesen der Frage eigentlich fremde Verwickelungen die Neigungsströme nicht haben zur Beobachtung kommen lassen. Wir verfahren deshalb vorsichtig und der Sachlage angemessen, indem wir neben der Vorrichtung Fig. 20 (*A*) auch die Vorrichtungen Fig. 20 (*B*) und Fig. 20 (*C*) als zutreffende Schemen des Blattes festhalten.

Sodann wenden wir uns zu der Vorrichtung Fig. 18 *a* zurück, welche durch die Verfolgung der Vorrichtung Fig. 19 *a* so lange vernachlässigt blieb. Wir lassen jetzt die Vorrichtung Fig. 18 *a* in ihren metallischen Theilen die analogen Veränderungen durchlaufen, wie vorher die Vorrichtung Fig. 19 *a*, und stellen überall in der gewohnten Weise die Form des Blattes her. Doch nichts Wesentliches finden wir damit gewonnen. Denn nirgends tritt in den Querlinien auf dem Wege von innen nach aussen die geforderte Umkehr der Kraft auf, noch bleibt es in den mittleren Längslinien bei der Gleichartigkeit der derselben Linie angehörigen Punkte. Und wenn bei denjenigen Modificationen der Vorrichtung Fig. 18 *a*, bei welchen viele kleinere Metallcylinder in derselben Ebene neben einander gelagert sind, in Folge der Neigungsströme, die hier im Bogen von der vorderen und der hinteren Ecke des äusseren Randes zur Mitte desselben verlaufen, die Gleichartigkeit der in der Längsmittellinie wie der am äusseren Rande befindlichen Punkte verloren gegangen ist, so wird selbst diese Annäherung an das Blatt noch dadurch entwerthet, dass dann zwischen diesen Punkten immer dieselbe Richtung der Kraft besteht, wie zwischen den Mitten der Querlinien. Vgl. Fig. 21, für welche die Figg. 21 *A*, 21 *B* und 21 *C* die Anordnung der metallischen Theile darstellen.

Endlich beseitigen wir an den Vorrichtungen Fig. 16 (*a*, *b*) und Fig. 17 (*a*, *b*) die Zinkkupfergrenzen, wie vorher (S. 49) längs dem vorderen und dem hinteren Rande, jetzt längs dem rechten und dem linken Rande der Bleche. Es entstehen die

---

1) Dies Archiv 1863, S. 579—80; 600—1.

Vorrichtungen Fig. 22 und Fig. 23 (bei *a* von der Fläche, bei *b* vom vorderen Rande gesehen), deren metallische Theile sich wiederum auffassen lassen als gebildet von einem sehr platten geraden Zinkcylinder mit verkupferten Grundflächen resp. von zwei sehr platten geraden Kupfercylindern mit verzinkten Grundflächen, die aber gegenüber den Vorrichtungen Fig. 18 (*a*, *b*) und Fig. 19 (*a*, *b*) dadurch charakterisirt sind, dass die Grundflächen der Cylinder nach vorn und nach hinten sehen. Wir modificiren dann die metallischen Theile der Vorrichtungen Fig. 22 und Fig. 23 in derselben Weise, wie wir bei den Vorrichtungen Fig. 18 *a* und Fig. 19 *a* verfuhren; so dass wir eine analoge Reihe von Vorrichtungen, wie dort, erhalten, nur dass, während dort die Grundflächen der Metallcylinder immer nach rechts und nach links gerichtet waren, dieselben bei den neuen Vorrichtungen überall nach vorn und nach hinten gewandt sind. Schliesslich ertheilen wir wiederum allen Vorrichtungen angenähert die Gestalt des Blattes. Untersuchen wir nun die neuen Vorrichtungen auf ihre elektromotorischen Oberflächen, so ergiebt sich, ausser der Symmetrie der Flächen und Hälften, Folgendes. Wo durch die Länge und Breite der Vorrichtung resp. ihrer seitlichen Hälfte nur ein einziger Metallcylinder sich erstreckt, sind alle Punkte derselben Querlinie unter einander gleichartig; und zwischen den Punkten zweier Querlinien, die beide entweder der vorderen oder der hinteren Hälfte der Vorrichtung angehören, besteht immer dieselbe Richtung der Kraft, gleichviel ob die Punkte in einer mittleren Längslinie der seitlichen Hälfte oder in der Längsmittellinie, gleichviel ob sie in der Verbindungslinie der Mitten der Querlinien oder am äusseren Rande gelegen sind. Bei den anderen Vorrichtungen, deren metallische Theile von den kleineren Cylindern gebildet sind, gestalten sich die Dinge allerdings etwas anders durch das Hinzutreten der Spannungen, welche die geringere Positivität resp. Negativität des äusseren Randes, der oberen wie der unteren Fläche gegenüber, und die Neigungsströme desselben Randes setzen: die derselben Querlinie angehörigen Punkte sind hier nämlich unter einander ungleichartig. Aber eine Umkehr der Kraft in den Querlinien

auf dem Wege von innen nach aussen findet auch hier nicht statt; höchstens in der mittelsten Querlinie und den dieser ganz nahen Querlinien könnte es unter Umständen zu einer solchen Umkehr kommen. Und weiter zeigt sich die Kraft zwischen den vorhin bezeichneten Punkten verschiedener Querlinien nicht nur nirgends in ihrer Richtung geändert, sondern sogar in ihrer alten Richtung noch überall verstärkt. Vgl. Fig. 24, für welche wiederum die Figg. 24 *A*, *B* und *C* die Anordnung der metallischen Theile vorführen. Die elektromotorische Oberfläche weicht also bei allen diesen Vorrichtungen ganz auffällig von der des Blattes ab.

Damit sind unsere Voruntersuchungen zum Abschlusse gelangt. Wir haben ihnen zu Grunde gelegt, was die constatirte elektrische Symmetrie der oberen und der unteren Fläche, der rechten und der linken Hälfte, der vorderen und der hinteren Hälfte des Blattes verlangt, dass der mit elektromotorischen Kräften ausgestattete anatomische Bestandtheil des Blattes eine symmetrische Lage besitzt zu den beiden Blattflächen, zu der Mittelrippen-Axe und zu einer senkrecht auf der Mitte der Mittelrippen-Axe stehenden, quer durch das Blatt gehenden Linie. Dazu haben wir noch stillschweigend die beiden Annahmen gemacht: 1. der betreffende Bestandtheil gebe in seiner Begrenzung ohngefähr die Form des Blattes oder der Blattflügel wieder; 2. derselbe bilde im Blatte resp. Blattflügel ein zusammenhängendes Ganzes oder halte dort mit seinen Theilen eine constante Lage in Bezug auf die Blattflächen und auf die Mittelrippe ein, so dass seine Kräfte in dem gleichen Bezuge nirgends eine Veränderung der Richtung erfahren. Für diese Annahmen haben wir an schematischen Vorrichtungen von der angenäherten Gestalt des Blattes nach einander die drei möglichen Fälle betrachtet, dass die elektromotorischen Flächen 1. parallel den Blattflächen, 2. senkrecht zu den Blattflächen und parallel der Mittelrippe, 3. senkrecht zu den Blattflächen und senkrecht zu der Mittelrippe gelegen sind. Im ersten und im dritten Falle hat keinerlei Modification der Vorrichtung eine elektromotorische Oberfläche ergeben ähnlich der des Blattes. Im zweiten Falle

wurden, wenn in gleicher Höhe neben einander nur zwei elektromotorische Flächen ununterbrochen durch die Vorrichtung oder durch jede seitliche Hälfte derselben sich erstreckten, oder wenn in gleicher Höhe neben einander zahlreichere elektromotorische Flächen gleichmässig über die Vorrichtung vertheilt waren, so dass an der Längsmittellinie der Vorrichtung keine Unterbrechung der Anordnung bestand, gleichfalls elektromotorische Oberflächen gefunden, welche wesentlich vom Blatte abwichen. Dagegen haben in demselben Falle solche Anordnungen der elektromotorischen Flächen, wie sie die Vorrichtungen Figg. 20 *A*, *B* und *C* darboten, die gleiche elektromotorische Oberfläche geliefert, wie sie das Blatt zeigt. Wenn unsere Annahmen zutreffen, müssen also die elektromotorischen Kräfte im Inneren des Dionaea-Blattes ähnlich angeordnet sein, wie die Kräfte in einer der Vorrichtungen Fig. 20 A, Fig. 20 B, Fig. 20 C.

(2.) Untersuchung der anatomischen Bestandtheile ausser dem Parenchyme.

Unmittelbar führen diese Vorermittelungen zur gewünschten Kenntniss freilich nicht, aber sie erleichtern wesentlich unsere Aufgabe, wenn wir nunmehr daran gehen, die verschiedenen Bestandtheile des Blattes der Reihe nach auf ihre elektromotorische Wirksamkeit zu untersuchen.

Sogleich finden wir von der Concurrenz um den Sitz der elektromotorischen Kräfte auszuschliessen die Scheibendrüsen[1]). Indem diese Gebilde blos an der oberen Blattfläche vorkommen, erfüllen sie schon nicht die erste Anforderung, welche auf Grund der Symmetrie der elektromotorischen Oberfläche an die elektromotorische Substanz zu stellen ist, die symmetrische Lage zu beiden Blattflächen. Doch wollen wir dabei nicht stehen bleiben. Man könnte meinen, bei der Genauig-

---

1) Für die anatomischen Daten, welche ich in der Folge benutze, stütze ich mich auf die Erfahrungen, welche ich durch die von Hrn. Kurtz angefertigten Präparate und durch eigene Untersuchungen an frischen Blättern gewonnen habe.

keit, mit welcher wir die Gleichheit der absoluten Grösse der Spannungen an beiden Blattflächen nur haben constatiren können, sei mit unserer Beweisführung die elektromotorische Wirksamkeit der Scheibendrüsen deshalb noch nicht genügend ausgeschlossen, weil der Abstand der Blattflächen so gering sei. Hier kommen uns nun unsere Vorermittelungen zu Statten. Den dort gemachten Annahmen würde die Gesammtheit der Scheibendrüsen gut entsprechen. Damit unsere elektromotorische Oberfläche erhalten würde, müssten also die Scheibendrüsen den Blattflächen parallele, senkrecht gegen die Mittelrippe gerichtete Kräfte besitzen; und dagegen spricht entschieden der radiäre zellige Aufbau der Scheibendrüsen, indem die zur Mittelrippe senkrechte Richtung der Kräfte nicht vor der der Mittelrippe parallelen Richtung bevorzugt sein könnte, da doch den im Kreise angeordneten gleichen Zellen gleiche Kräfte zukommen müssten. Auch müsste die Anordnung der Scheibendrüsen an der Mittelrippe unterbrochen sein, und das ist nicht der Fall. Dass die Drüsen über die obere Seite der Mittelrippe, wie über die Blattflügel, sich hinziehen, ist an jedem Blatte mit gerötheten Drüsen im Groben ohne Weiteres zu beobachten; aber ich habe auch bei sorgsamer Musterung die Anordnung der Drüsen an beiden Orten nicht wesentlich verschieden gefunden, besonders die Drüsen auf der Mittelrippe nicht in viel grösseren Abständen gelagert, was für die volle Unterbrechung der Anordnung hätte einen gewissen Ersatz bieten können. Endlich lassen sich, durch Hinüberstreichen mit der Thonspitze der Elektrode oder mit dem Skalpellstiele über die obere Blattfläche, die Drüsen streckenweise zu einem grossen Theile entfernen, und ich habe danach weder am geschlossenen noch an dem wieder geöffneten Blatte die elektromotorische Oberfläche merklich verändert gefunden. Mit aller Bestimmtheit ist daher zu sagen, dass die Scheibendrüsen nicht die gesuchte elektromotorische Substanz sind.

Ebensowenig können der Sitz der elektromotorischen Kräfte die Sternhaare sein, welche die untere Seite der Blattflügel wie der Mittelrippe und die Randstacheln bedecken:

es sprechen dagegen dieselben Gründe, welche sich gegen die Scheibendrüsen geltend machen liessen, so dass wir deren Wiederholung und die Anführung weiterer Gründe uns ersparen können. Auch wird es der Ausführung nicht bedürfen, dass, wenn man die Ungeheuerlichkeit wagen wollte, Scheibendrüsen und Sternhaare in elektromotorischer Hinsicht zusammenzufassen, Nichts damit gewonnen sein würde.

Einen dritten Bestandtheil des Blattes bilden die Fibrovasalstränge. Ihre Lage im Blatte ist eine so symmetrische, wie es die Symmetrie der elektromotorischen Oberfläche verlangt. Aber den bei unseren Vorermittelungen gemachten Annahmen entsprechen sie nicht. Die Form des Blattes und der Blattflügel kann man von ihnen wiedergegeben finden, auch ziehen sie überall den Blattflächen parallel dahin, aber eine constante Lage zur Mittelrippe halten sie nicht ein; vielmehr verlaufen sie in der Mittelrippe selbst dieser parallel, stehen dann als stärkste Seitennerven und als Nerven der Randstacheln senkrecht auf der Mittelrippe und bilden in den schwächeren Seitennerven und in den bogenförmigen Anastomosen alle möglichen Winkel mit der Mittelrippe. Für diese Fibrovasalstränge passen demnach unsere Vorermittelungen nicht, und besondere Prüfungen sind für sie erforderlich.

Scheidet man im Verhalten der Fibrovasalstränge das individuell Verschiedene aus, das eben seiner Natur nach nicht von Bedeutung sein kann für die uns bekannte elektromotorische Oberfläche des Blattes, welche wir immer in gleicher Weise wiederfanden, so lässt sich die regelmässige Anordnung der Stränge so schematisiren, wie es die schraffirten Streifen der Fig. 25 (Taf. I) zeigen. Der lange Zug der Stränge in der Mittelrippe von vorn nach hinten bildet den Boden zweier in den Blattflügeln befindlichen Arcaden, eigenthümlicher Arcaden der Art, dass die senkrechten Pfeiler von der Mitte aus nach vorn wie nach hinten zu an Länge abnehmen und nahe dem äusseren Rande des Blattflügels Spitzbögen tragen, welche durch ähnliche kleinere Zwischenbögen verbunden sind und von ihren Spitzen aus geradlinige Ausläufer in die Randstacheln senden. Entsprechend dieser Formation sei nun die

Plattencombination der Vorrichtung Fig. 16 *a* (drei mit den Flächen zusammengelöthete Platten, die beiden äusseren von Zink, die mittlere von Kupfer) durchbrochen resp. zugeschnitten und in einen ähnlich begrenzten flachen, mit einer gleichartigen Flüssigkeit erfüllten Trog versenkt, so dass die Flüssigkeit oben, unten und an den Seiten das Metall ein wenig überragt. Wir erhalten die Vorrichtung Fig. 25; und deren elektromotorische Oberfläche zeigt in der Längsmittellinie und an den äusseren Rändern, ferner zwischen den Mitten der Querlinien und in dem grössten Theile der Querlinien selbst dieselben Richtungen der Kraft, welche wir am Blatte constatirten. Aber nicht findet sich wieder, dass der negativste Punkt jeder Querlinie wesentlich nach aussen verschoben ist und desto mehr, je näher dem vorderen oder dem hinteren Rande die Querlinie sich befindet; noch sind die negativsten Punkte aller Querlinien einander gleichartig. Vielmehr fällt die Verbindungslinie der negativsten Punkte aller Querlinien ohngefähr mit der Verbindungslinie der Mitten der Querlinien zusammen, und es besteht in ihrer vorderen Hälfte eine absteigende, in ihrer hinteren Hälfte eine aufsteigende Kraft. Die mittleren Längslinien der seitlichen Hälfte der Vorrichtung lassen auch die Gleichartigkeit sämmtlicher derselben Längslinie angehörigen Punkte vermissen, und es trifft eine solche Gleichartigkeit höchstens zu für einzelne Längslinien, welche zwischen der Verbindungslinie der Mitten der Querlinien und der Längsmittellinie der Vorrichtung gelegen sind. Dazu kommt noch, dass in den Querlinien der Vorrichtung Fig. 25 nahe dem äusseren Rande die Positivität jedes äusseren Punktes gegen jeden inneren Punkt nicht wiederkehrt, sondern sogar eine nochmalige Umkehr der Kraft sich einstellt. Die elektromotorische Oberfläche der Vorrichtung Fig. 25 ist also bei mancher Uebereinstimmung doch wesentlich verschieden von der des Blattes. Und darin wird auch Nichts geändert, wenn wir statt der zusammenhängenden Bleche entsprechend gruppirte kleinere Bleche oder Säulenpaare nehmen, wenn wir überhaupt die metallischen Theile

unserer Vorrichtung Fig. 25 ebenso modificiren, wie es oben S. 48 mit der Vorrichtung Fig. 16 *c* geschah.

Erwägt man nun, dass selbst diejenigen Aehnlichkeiten, welche wir hinsichts der elektromotorischen Oberfläche zwischen der Vorrichtung Fig. 25 und dem Blatte fanden, noch wesentlich getrübt werden müssen durch die individuell verschiedenen, aber regelmässig vorhandenen schwächeren Seitennerven, welche Anastomosen der starken pfeilerartigen Seitennerven vorstellen, so kann kein Zweifel sein, dass Kräfte in den Fibrovasalsträngen senkrecht zu deren Längsaxe und senkrecht zu den Blattflächen die elektromotorische Oberfläche nicht liefern, welche wir am Blatte constatirten. Dasselbe gilt dann aber auch sogleich für Kräfte, welche senkrecht zur Längsaxe der Stränge und parallel den Blattflächen gerichtet sind, da solche Kräfte nur zu der gleichen elektromotorischen Oberfläche führen könnten, wie die ersteren Kräfte. Und nicht besser steht es endlich mit Kräften, welche parallel der Längsaxe der Stränge und damit parallel den Blattflächen gerichtet sind. Denn hier würden die Spannungsunterschiede an den Blattflächen nur durch die elektrischen Differenzen gesetzt sein zwischen der Oberfläche der Stränge einerseits und ihren freien Enden an den Randstacheln und an den Mittelrippen-Enden andererseits; und dass daraus nicht eine elektromotorische Oberfläche resultiren könnte, wie wir sie am Blatte vorfanden, liegt zu sehr auf der Hand, als dass wir dabei verweilen sollten. Mithin ist es ausgemacht, dass auch die Fibrovasalstränge nicht die elektromotorische Substanz sind, welche wir suchen.

Wir kommen zum vierten Bestandtheile des Blattes, der Epidermis. Diese überzieht als eine einfache Schicht eng verbundener langgestreckter, ohngefähr cylindrischer Zellen ununterbrochen das ganze Blatt, nur dass an der oberen Seite die Basalzellen der Scheibendrüsen, an der unteren Seite wie auch am äusseren Rande und an den Randstacheln die Basalzellen der Sternhaare und die Schliesszellen der Spaltöffnungen eingelagert sind. Die lange Axe der Epidermiszellen liegt immer den Blattflächen parallel; und sie steht überall ohn-

gefähr senkrecht auf der Mittelrippen-Axe, ausser an der unteren Seite der Mittelrippe und in den isolirten kurzen und schmalen Zwischenräumen der Randstacheln hart an den äusseren Rändern, wo sie der Mittelrippen-Axe etwa parallel verläuft. Von der letzteren Abweichung abgesehen, sind also die Bedingungen unserer Vorermittelungen erfüllt, wenn wir jetzt die Epidermis und damit die sie constituirenden Zellen als elektromotorisch wirksam betrachten wollen, und die Abweichung ist zu klein, als dass es ganz besonderer neuer Prüfungen bedürfte; vielmehr geben hier unsere Vorermittelungen eine gute Grundlage ab, auf der wir weiterbauen können.

Nehmen wir die Epidermiszellen zuerst mit Kräften ausgestattet an senkrecht zu ihrer langen Axe und senkrecht zu den Blattflächen, so ist die stellenweise Veränderung der Lage der Zellen für die elektromotorische Oberfläche selbstverständlich ohne Bedeutung, wenn auf die einzelne Zelle zahlreiche elektromotorische Flächen entfallen. Für den anderen extremen Fall, dass jeder Zelle nur zwei elektromotorische Flächen entsprechen, greifen wir auf die Betrachtung derjenigen Modification der Vorrichtung Fig. 16 *c* zurück, bei welcher die metallischen Theile von sehr kleinen gleichen Blechen gebildet waren. Auf die Form der Bleche hatten wir oben kein Gewicht zu legen gebraucht: sie mögen Rechtecke gewesen sein, deren längere Seiten senkrecht zur Mittelrippe standen. Denken wir nun in der unteren Hälfte unserer Vorrichtung in und an der Längsmittellinie und ferner stellenweise an den äusseren Rändern der Vorrichtung die Rechtecke um 90° gedreht, so dass ihre längeren Seiten der Mittelrippe parallel sind, so muss, in Folge der Ungleichheit der Strömungsvorgänge an den Grenzen, an welchen die verschieden gelagerten Rechtecke zusammenstossen, allerdings die Vertheilung der Spannungen an der Oberfläche sich ändern; aber die Veränderung wird nur die Querlinien, in erster Reihe die der unteren Fläche, betreffen, indem die Spannungen dieser Linien mehr ähnlich werden den entsprechenden Spannungen des Falles, dass eine Lücke an der Längsmittellinie die Anordnung der metallischen Theile unterbricht. Die Ungleichheit der Spannungen an der oberen und der unteren Fläche,

welche dadurch herbeigeführt wird, wollen wir gar nicht weiter betonen. Jedenfalls bleibt es in allen Längslinien, in den Verbindungslinien der Mitten der Querlinien und an den äusseren Rändern bei der Gleichheit der Richtung der Kraft nach wie vor. Und damit ist es festgestellt, dass die in den Epidermiszellen eben angenommenen Kräfte unfähig sind, die elektromotorische Oberfläche des Blattes zu liefern.

Nicht minder leicht lässt sich übersehen, dass auch die Annahme solcher Kräfte in den Epidermiszellen, welche senkrecht zu der langen Axe der Zellen und parallel der Mittelrippe gerichtet sind, zur elektromotorischen Oberfläche des Blattes nicht führt. Wir greifen zur Vorrichtung Fig. 24 *A* zurück und denken uns zunächst die mittlere Lücke von ebensolchen Cylindern in gleicher Anordnung, wie sie die seitlichen Hälften zeigen, erfüllt — was hier für die elektromotorische Oberfläche ohne Folgen ist —, dann in der unteren Hälfte der Vorrichtung entlang der Längsmittellinie und stellenweise an den äusseren Rändern der Vorrichtung die Cylinder um 90° gedreht, so dass ihre Grundflächen nach rechts und nach links gewandt sind. Nun wird die elektromotorische Oberfläche der Vorrichtung wesentlich verändert sein, indem es zu einer Umkehr der Kraft in den Querlinien kommt. Aber zugleich wird nicht blos eine Asymmetrie der oberen und der unteren Fläche vorhanden sein, sondern es wird auch hier wiederum die gleiche Richtung der Kraft in allen Längslinien, in den Verbindungslinien der Mitten der Querlinien und an den äusseren Rändern fortbestehen. Legen wir nun auch nur auf das Letztere Gewicht, so sind offenbar der Abweichungen genug vom Blatte gegeben, um von den in Rede stehenden Kräften absehen zu lassen.

Etwas umständlicher gestaltet sich die Erwägung der dritten Möglichkeit, dass die Kräfte der Epidermiszellen parallel der langen Axe der Zellen, also parallel den Blattflächen und senkrecht zu der Mittelrippe gerichtet sind.

Nehmen wir zunächst die Epidermis an der Längsmittellinie oben und unten von gleicher Beschaffenheit und zwar von der Beschaffenheit der unteren Seite an, so können wir

an die Vorrichtung Fig. 20 *A* anknüpfen, deren elektromotorische Oberfläche wir der des Blattes entsprechen sahen. Denken wir uns die vom unwirksamen Leiter erfüllte Lücke an der Längsmittellinie dieser Vorrichtung mit ebensolchen Cylindern in der gleichen Anordnung erfüllt, wie sie sonst die Vorrichtung darbietet, doch so, dass die verzinkten Grundflächen der neuen Cylinder alle nach vorn und nach hinten sehen, so treten damit für die Oberfläche zu den bisher betrachteten Spannungen neue hinzu, welche unwesentlicher das Verhalten der Querlinien, wesentlich aber das der Längslinien beeinflussen. Die Gleichartigkeit der mittleren Längslinien der seitlichen Hälfte und die verhältnissmässig schwachen, vorn auf-, hinten absteigenden Kräfte in der Längsmittellinie scheinen in der vorderen Hälfte der Vorrichtung absteigenden, in der hinteren Hälfte aufsteigenden Kräften Platz machen zu müssen: wodurch die Vorrichtung wieder ihre Aehnlichkeit mit dem Blatte verliert. Indess steht Nichts dem im Wege, dass wir die Neigungsströme des äusseren Randes stärker als bisher annehmen, so dass sie auch die neu hinzugekommenen Kräfte überwinden. Nur das könnte einem berechtigten Bedenken unterliegen, ob, wenn die Gleichartigkeit der mittleren Längslinien der seitlichen Hälfte wieder besteht, zugleich auch in der Längsmittellinie wieder die alten Richtungen der Kräfte vorhanden sind; und auf die Erörterung dieser Frage mögen wir uns nicht einlassen, von anderen Gründen abgesehen, schon deshalb nicht, weil die Frage bald gegenstandslos erscheinen wird. Wir setzen die alten Kräfte in der Längsmittellinie auch ferner vorhanden, was wir um so eher dürfen, als es den Interessen unserer weiteren Ausführung widerspricht; und wir haben also nach unserer Ausfüllung der mittleren Lücke dieselbe elektromotorische Oberfläche an der Vorrichtung wie zuvor.

Jetzt passen wir auch die äusseren Ränder unserer Vorrichtung Fig. 20 *A* dem Verhalten der Epidermis an. Was bei den vorhergehenden Prüfungen entbehrlich war, ist jetzt wesentlich, dass wir uns den gegebenen Verhältnissen eng anschliessen. An der oberen wie an der unteren Seite des Blatt-

flügels setzen sich alle Querreihen der Epidermiszellen, sich verschmälernd, auf die Randstacheln fort und enden an deren Spitze oder in der Nähe derselben. Dabei gehen die auf den Stachel stossenden Querreihen geradlinig auf denselben über; die anderen Querreihen, welche in den Zwischenraum zweier Stacheln fallen würden, spalten sich sehr nahe dem äusseren Rande des Blattflügels in zwei gleiche Gruppen, welche divergiren und die eine auf die hintere Seite des vorderen, die andere auf die vordere Seite des hinteren Stachels sich begeben. In den Scheiteln der hohen Bögen, mit welchen so die mit der langen Axe ohngefähr senkrecht zur Mittelrippe gestellten Epidermiszellen sich nach aussen abgrenzen, sind dann in geringer Ausdehnung diejenigen Epidermiszellen gelagert, deren lange Axe etwa parallel der Mittelrippe verläuft, und die, von oben und von unten zusammen ausgebreitet betrachtet, gewissermassen kreisrunde Inseln zwischen den Randstacheln bilden[1]). Diesem Verhalten der Epidermis entsprechend denken wir uns nun unsere Vorrichtung Fig. 20 *A* an ihren äusseren Rändern hergerichtet, die langen Querreihen der Cylinder alle in die spitzen Fortsätze der Vorrichtung verlängert und da, wo die Querreihen auseinanderweichen, einige neue kurze Reihen von ebensolchen Cylindern in gleicher Anordnung hinzugefügt, so jedoch, dass diese Cylinder ihre verzinkten Grundflächen alle nach vorn und nach hinten kehren. Sofort übersehen wir, welch grosse Veränderung für unsere elektromotorische Oberfläche herbeigeführt ist. Das äussere Ende unserer Cylinder-Querreihen, das von solcher Bedeutung für die Vorrichtung Fig. 20 *A* war, ist jetzt an die Spitze der Fortsätze gerückt, und von der geringeren Positivität des äusseren Randes der Vorrichtung und von den Neigungsströmen desselben kann keine Rede mehr sein. Selbst wenn die langen Cylinder-Querreihen nicht alle auf die Fortsätze übergingen, sondern immer geradlinig bis zu ihrem Ende verliefen und so zum Theil in dem Zwischenraume zweier Fortsätze stufenartig

1) Fig. 26 (Taf. I.) veranschaulicht das Verhalten der Epidermis-Zellenreihen am äusseren Rande. Die lange Axe der Zellen ist immer den die Zellenreihen repräsentirenden Linien parallel.

an die kurzen Cylinder-Längsreihen sich ansetzten, würden nur partiale Neigungsströme des zwischen je zwei Fortsätzen gelegenen äusseren Randes bestehen, welche die Spannungen der Oberfläche im Grossen und Ganzen nicht beeinflussen könnten. Damit ist dann aber die Aehnlichkeit der elektromotorischen Oberfläche der Vorrichtung mit der des Blattes ganz fortgefallen, und die neuen, der Mittelrippe parallelen Cylinder-Reihen vermögen natürlich nicht dieselbe wiederherzustellen.

Noch ein anderes, freilich weniger gewichtiges Moment erhebt sich gegen die in Frage stehende Möglichkeit, wenn wir von unserer Annahme, dass die Epidermis an der Längsmittellinie oben so sich verhalte wie unten, zur Berücksichtigung des wirklichen Verhaltens fortschreiten. Indem nämlich die Querreihen der Epidermiszellen an der oberen Seite ohne Unterbrechung über die Mittelrippe hinwegziehen, könnten wir uns auch für die elektromotorische Oberfläche auf die Vorrichtung Fig. 21 *A* verwiesen sehen, deren Oberfläche sich sehr wesentlich verschieden ergeben hat von der des Blattes; und wiederum muss eine Asymmetrie der oberen und der unteren Fläche resultiren. So vereinigen sich die eigenthümliche Endigung der Querreihen der Epidermiszellen am äusseren Rande einerseits und der Mangel der Unterbrechung derselben Reihen an der Längsmittellinie der oberen Seite andererseits, um auch das ganz unmöglich erscheinen zu lassen, dass Kräfte in den Epidermiszellen, die parallel der langen Axe der Zellen gerichtet sind, die elektromotorische Oberfläche des Blattes liefern.

Zu bemerken bleibt nur noch, dass die Verschiedenheiten, welche die Epidermiszellen an verschiedenen Stellen des Blattes darbieten, unsere Ausführungen hinsichts dieser Zellen nicht beeinträchtigen können. Wollte man die oberen Epidermiszellen von den unteren sondern und nur die einen oder die anderen als elektromotorisch wirksam auffassen, es würde sichtlich zu Nichts helfen, und man wäre auch gar nicht dazu berechtigt. Wenn die oberen Epidermiszellen in ihren Dimensionen regelmässig etwas abweichen von den unteren Zellen,

so lässt sich dem keine Bedeutung beimessen, weil beiderlei Zellen nach dem äusseren Rande hin gleichmässig in die sehr langen und sehr schmalen Epidermiszellen der Randstacheln übergehen, und weil eine Scheidung jener von diesen Zellen des ganz allmählichen Ueberganges wegen nicht möglich ist. Erst recht bedeutungslos muss aber für unsere Interessen die verschiedene Färbung der Zellen erscheinen. Denn während alle Blätter in elektrischer Beziehung, soweit meine Untersuchung reichte, sich gleich verhielten, waren in vielen die oberen Epidermiszellen ebenso grün wie die unteren, in anderen Blättern waren bald nur die mittelsten Epidermiszellen an der oberen Seite des Blattflügels, bald eine ausgedehntere Partie der Zellen um die Mitte herum, bald alle Zellen bis zur Mittelrippe und zu den Rändern, bald endlich ausserdem noch die Epidermiszellen der Randstacheln geröthet; ja, in zwei Fällen habe ich sogar nur die mittelsten Zellen des Blattflügels und zugleich die Zellen der Randstacheln in deren ganzem Umfange roth gefunden. Es kann demnach auch Nichts zu besagen haben, wenn die Epidermiszellen an der oberen Seite der Mittelrippe etwas kürzer, als die benachbarten Zellen des Blattflügels, und bisher nie roth gefunden sind. Und überhaupt kann bei dieser Sachlage das Verfahren allein richtig sein, welches wir oben einschlugen, dass man in elektrischer Hinsicht alle Epidermiszellen zusammenfasst.

Auf dem Wege der Ausschliessung sind wir also dahin gelangt, die gesuchte elektromotorische Substanz in dem einzigen noch übrigen Bestandtheile des Blattes zu erkennen, — im Parenchyme, d. h. in der grossen Masse meist langgestreckter und etwa cylindrischer, selten kugeliger Zellen, welche zusammen mit den Fibrovasalsträngen den Raum zwischen der oberen und der unteren Epidermis erfüllen. Die Art der Wirksamkeit dieser Zellenmasse würde nunmehr noch zu bestimmen sein, damit unsere Aufgabe vollkommen gelöst wäre.

(3.) Untersuchung des Parenchyms.

Nach der Form und der Lage der Zellen lassen sich fünf Partieen am Parenchyme unterscheiden: 1. das Blattflügel-Par-

enchym, 2. das Parenchym des äusseren Randes, 3. das Randstachel-Parenchym, 4. das obere und 5. das untere Mittelrippen-Parenchym[1]). Das Blattflügel-Parenchym besteht aus lauter Zellen von etwa cylindrischer Gestalt, deren lange Axe parallel den Blattflächen und senkrecht zur Mittelrippe gelegen ist. Den ganzen Blattflügel mit Ausnahme der äussersten Partie erfüllend, grenzt es unmittelbar einerseits an das obere und das untere Mittelrippen-Parenchym, andererseits an das Parenchym des äusseren Randes und das Randstachel-Parenchym und weist Querreihen regelmässig mit den Polen aneinanderstossender Zellen auf, Reihen also, welche den Blattflächen parallel sind und senkrecht auf der Mittelrippe stehen. Von der Blattflügel-Nervatur wird es ohngefähr gerade in der Mitte seiner Dicke durchsetzt, so dass sich mit der Nervatur als Grenze eine obere und eine untere Hälfte an ihm unterscheiden lassen. Seine äussere Grenze verläuft sehr nahe dem äusseren Rande des Blattflügels, noch etwas nach aussen von den Spitzen der Zwischenbögen, welche die grossen Bögen der Seitennerven verbinden, und zwar parallel dem äusseren Rande des Blattflügels, ohne jedoch den Vorsprüngen desselben, welche die Randstacheln entlassen, zu folgen. Nach innen vom Blattflügel-Parenchyme und zwar jederseits von der oberen Hälfte desselben begrenzt, liegt das obere Mittelrippen-Parenchym und erfüllt den Raum zwischen der oberen Epidermis der Mittelrippe und der oberen Fläche des Mittelrippen-Nerven. Es ist gleichfalls von etwa cylindrischen Zellen gebildet; aber deren lange Axe ist ohngefähr senkrecht zur Mittelrippen-Axe und senkrecht zur oberen Fläche der Mittelrippe gestellt, und in Folge der regelmässigen Aneinanderlagerung der Zellen mit ihren Polen lassen sich hier auf den Blattflächen senkrechte Reihen der Zellen, Verticalreihen, erkennen. Den

1) Vgl. Fig. 4 und Figg. 27 *a* und *b*. Die letzteren Figuren zeigen schematisch *a* einen Querschnitt, *b* einen Längsschnitt durch das offene Blatt. Die inneren Linien repräsentiren die Parenchym-Zellenreihen, so dass überall den Linien parallel die langen Axen der Zellen gelegen sind. Wo der Schnitt senkrecht zu diesen Axen gefallen ist, erscheinen die Zellenreihen demgemäss als Punkte.

noch übrigen Raum der Mittelrippe unterhalb und zu den Seiten des Mittelrippen-Nerven nimmt das untere Mittelrippen-Parenchym ein und stösst jederseits unmittelbar mit der unteren Hälfte des Blattflügel-Parenchyms zusammen. Auch dieses Parenchym ist aus lauter etwa cylindrischen Zellen zusammengesetzt; aber die Zellen sind hier mit ihrer langen Axe den Blattflächen und der Mittelrippe parallel und bilden durch die Regelmässigkeit ihrer Anordnung den Blattflächen und der Mittelrippe parallele Längsreihen. Nach aussen vom Blattflügel-Parenchyme und zwar überall da, wo der äussere Rand des Blattflügels keinen Stachel entlässt, liegt in dem ganz schmalen Saume das Parenchym des äusseren Randes, das aus lauter kugeligen Zellen besteht. Endlich erstreckt sich immer da, wo ein Randstachel abgeht, von der äusseren Grenze des Blattflügel-Parenchyms aus bis tief in den Randstachel hinein das Randstachel-Parenchym, das wiederum eigenartig beschaffen ist, dessen Schilderung ich mir aber für eine spätere Stelle vorbehalte.

Nur der ausgedehnten Vorbereitung für unsere Aufgabe haben wir es zu verdanken, wenn wir in diesem scheinbaren Wirrwarr von Zellen und Axen uns zurechtfinden. Wir übersehen sogleich, dass das Blattflügel-Parenchym, das an Ausdehnung alle anderen Parenchyme insgesammt viele Male übertrifft, die Bedingungen unserer Vorermittelungen erfüllt, und dass unsere Aufgabe somit ohne Weiteres gelöst wäre, wenn von den anderen Parenchymen sich absehen liesse. Solches Absehen geht nun allerdings nicht an; im Gegentheil, wir dürfen den leitenden Faden unserer Untersuchung, den wir in der berechtigten Voraussetzung besitzen, dass der gleichen Organisation die gleiche Anordnung der elektrischen Kräfte entspricht, nicht aufgeben und müssen den anderen Parenchymen dieselben Kräfte, wie dem Blattflügel-Parenchyme, zuerkennen, so lange nicht besondere Gründe dagegen sprechen. Aber immerhin finden wir wiederum durch unsere Vorermittelungen einen guten Grund gelegt, da wir nur noch zu untersuchen brauchen, ob und wie die elektromotorische Oberfläche, welche das Blattflügel-Parenchym für sich allein

liefern würde, durch die Anwesenheit der anderen Parenchyme verändert wird. In diese Untersuchung treten wir ein; und um dieselbe zu vereinfachen, vernachlässigen wir vorläufig das Parenchym des äusseren Randes und das Randstachel-Parenchym, indem wir an deren Stelle nur unwirksame feuchte Leiter an der Aussenseite des Blattflügel-Parenchyms befindlich annehmen.

Wir beginnen wiederum damit, dass wir die Zellen des Blattflügel-Parenchyms mit Kräften ausgestattet sein lassen senkrecht zur langen Axe der Zellen und senkrecht zu den Blattflächen. Enthielte die Mittelrippe nur unwirksamen Leiter, so würden diese Kräfte die elektromotorische Oberfläche liefern, welche Fig. 17 *c* zeigt, und welche wesentlich von der des Blattes abweicht. Nun setzen wir die Mittelrippe mit ebensolchen Zellen, wie die Blattflügel, erfüllt, alle Zellen dort aber um ihre verticale Axe so gedreht, dass ihre Pole nach vorn und nach hinten sehen. Es wird die elektromotorische Oberfläche der Vorrichtung Fig. 16 *c*, mit überall umgekehrter Richtung der Kräfte, erhalten, wenn auf die einzelne Zelle zahlreiche elektromotorische Flächen entfallen. Andererseits, wenn der einzelnen Zelle nur zwei solche Flächen zukommen, stellt sich die elektromotorische Oberfläche der Vorrichtung Fig. 17 *c* blos so verändert dar, dass in den Querlinien die negativsten Punkte nach innen gerückt erscheinen; in allen Längslinien, in den Verbindungslinien der Mitten der Querlinien und an den äusseren Rändern bestehen die alten Richtungen der Kräfte fort. Wir nehmen zweitens die Mittelrippe wiederum von ebensolchen Zellen, wie die Blattflügel, erfüllt an, alle Zellen dort aber aufgestellt, ihre Pole nach oben und nach unten gekehrt, so dass die Kräfte dieser Zellen parallel den Blattflächen und senkrecht zur Mittelrippe gerichtet sind. Dadurch wird an der elektromotorischen Oberfläche der Vorrichtung Fig. 17 *c* nicht mehr verändert, als dass die negativsten Punkte der Querlinien nach aussen gerückt erscheinen; alle Linien von vorn nach hinten behalten auch hier die alten Richtungen der Kräfte bei. Es ist also klar, dass, wenn wir beiderlei Einfügungen zugleich

vornehmen, indem wir die Zellen mit den nach oben und unten gekehrten Polen den oberen Theil, die Zellen mit den nach vorn und hinten gekehrten Polen den unteren Theil der Mittelrippe erfüllen lassen, gleichfalls und erst recht nicht die elektromotorische Oberfläche des Blattes gewonnen wird.

Lassen wir weiter die Zellen des Blattflügels-Parenchyms mit Kräften ausgestattet sein senkrecht zur langen Axe der Zellen und parallel den Blattflächen, so würden wir, bei unwirksamem Leiter in der Mittelrippe, die elektromotorische Oberfläche erhalten, welche die Vorrichtung Fig. 24 *A* zeigt. Denken wir nun die Mittelrippe mit ebensolchen Zellen, wie die Blattflügel, erfüllt, alle Zellen dort aber um ihre verticale Axe so gedreht, dass ihre Pole nach vorn und nach hinten sehen, so tritt gar keine Veränderung der Richtungen der Kräfte weder in den Quer- noch in den Längslinien ein. Ebensowenig ist dies der Fall, wenn wir alle Zellen in der Mittelrippe aufgestellt, mit den Polen nach oben und nach unten gekehrt setzen, so dass die Kräfte der Zellen parallel den Blattflächen und parallel der Mittelrippe gerichtet sind. Es führt also auch wiederum nicht zur elektromotorischen Oberfläche des Blattes, wenn wir die Zellen in beiderlei Lagen zugleich, wie vorher, die Mittelrippe erfüllen lassen.

Die Annahmen, welche wir bei diesen Ueberlegungen hinsichts der Kräfte in den Zellen der Mittelrippe gemacht haben, sind sichtlich die natürlichsten. Wollte man sich aber auch zu unnatürlicheren Annahmen verstehen, wollte man die Kräfte der Zellen, deren Pole nach vorn und nach hinten sehen, im ersten Falle parallel den Blattflächen und senkrecht zur Mittelrippe, im zweiten Falle senkrecht zur Mittelrippe und senkrecht zu den Blattflächen, und wiederum die Kräfte der anderen Zellen, deren Pole nach oben und nach unten gekehrt sind, im ersten Falle parallel der Mittelrippe und parallel den Blattflächen, im zweiten Falle parallel den Blattflächen und senkrecht zur Mittelrippe setzen, man würde doch, wie der weiteren Ausführung nicht bedarf, die elektromotorische Oberfläche des Blattes nie erhalten.

Die dritte und letzte Möglichkeit, welche zu betrachten

ist, geht dahin, dass die Zellen des Blattflügel-Parenchyms ihrer langen Axe parallele Kräfte besitzen, also Kräfte, welche den Blattflächen parallel und zur Mittelrippe senkrecht sind. Für solche Kräfte würde, bei unwirksamem Leiter in der Mittelrippe, unsere Vorrichtung Fig. 20 *A* ohne Weiteres angezeigt haben, wie wir zur elektromotorischen Oberfläche des Blattes gelangten. Aber den gegenwärtigen Anforderungen entspricht die Vorrichtung nicht, und es ist nothwendig, dass wir sie modificiren.

Wir setzen die vom unwirksamen Leiter eingenommene mittlere Lücke der Vorrichtung Fig. 20 *A* von ebensolchen Cylindern in der gleichen Anordnung erfüllt, wie sie die seitlichen Hälften der Vorrichtung darbieten, nur dass die Cylinder dort anders gelagert sind. Sehen die Pole aller Cylinder in der mittleren Lücke nach oben und nach unten, so ist die vorn auf-, hinten absteigende Kraft in der Längsmittellinie verstärkt, die negativsten Punkte der Querlinien sind nach aussen gerückt und zwar desto weiter, je näher die betrachtete Querlinie der mittelsten Querlinie gelegen ist, endlich die Gleichartigkeit der mittleren Längslinien der seitlichen Hälften ist verschwunden, indem vorn auf-, hinten absteigende Kräfte in den Linien bestehen. Sind hinwiederum die Pole aller Cylinder in der mittleren Lücke nach vorn und nach hinten gerichtet, so sind in der Längsmittellinie, in den Verbindungslinien der Mitten der Querlinien, in allen mittleren Längslinien der seitlichen Hälften und endlich an den äusseren Rändern vorn ab-, hinten aufsteigende Kräfte hinzugetreten; und die negativsten Punkte der Querlinien sind im vordersten und im hintersten Viertel der seitlichen Hälften nach aussen, in den beiden mittleren Vierteln nach innen gerückt, überall desto weiter, je näher die betrachtete Querlinie dort dem vorderen resp. hinteren Rande, hier der mittelsten Querlinie sich befindet. Nehmen wir nun die Cylinder der mittleren Lücke in beiderlei Lagerung zugleich an, die Pole nach oben und nach unten gerichtet in dem oberen Theile, die Pole nach vorn und nach hinten gewandt in dem unteren Theile der mittleren Lücke, so lässt sich die elektromotorische Oberfläche

der so gearteten Vorrichtung natürlich allgemeingültig nicht genauer bestimmen. Aber wenn es auf der einen Seite unmittelbar klar ist, dass diese Oberfläche von derjenigen der Vorrichtung Fig. 20 *A* wesentlich verschieden sein und die Uebereinstimmung mit der des Blattes ganz verloren haben kann, so ergiebt es sich doch auf der anderen Seite, dass auch jetzt noch an der Vorrichtung die Oberfläche bestehen kann, welche Fig. 20 zeigt.

Zuvörderst bemerken wir, dass die beiderlei Einfügungen in die mittlere Lücke für die von uns betrachteten Linien der Oberfläche, mit wenigen Ausnahmen, überall gerade entgegengesetzte Kräfte neu hinzutreten machen, so dass ihre Wirkungen mehr oder weniger vollständig einander compensiren können. Sodann müssen wir uns erinnern, dass bei unserer Betrachtung der Vorrichtung Fig. 20 *A*, wie S. 55 noch besonders angemerkt wurde, der Unterschied in der Positivität zwischen dem inneren und dem äusseren Rande der seitlichen Hälfte der Vorrichtung und die Neigungsströme des äusseren Randes in ihrer Grösse haben durchaus unbestimmt bleiben müssen. Wir haben deshalb dort nur sagen können, dass sich übersehen liesse, dass unter gewissen Bedingungen, bei einer gewissen Neigung des äusseren Randes u. s. w., die elektromotorische Oberfläche Fig. 20 sich darbieten würde. Nunmehr lässt sich ebenso weiter übersehen, dass unter veränderten Bedingungen, bei einer gewissen anderen Neigung des äusseren Randes u. s. w., unter Bedingungen mithin, welche ohne Erfüllung der mittleren Lücke der Vorrichtung Fig. 20 *A* die elektromotorische Oberfläche Fig. 20 nicht geliefert haben würden, gerade nach der nunmehrigen Erfüllung der Lücke eben diese Oberfläche hergestellt sein kann. Wenn z. B. ohne Erfüllung der mittleren Lücke die mittleren Längslinien der seitlichen Hälften noch vorn ab-, hinten aufsteigende Kräfte besassen, können diese Kräfte nach der Erfüllung der Lücke durch die mit derselben neu hinzugetretenen Kräfte beseitigt sein. Oder es kann auch, wenn vorher in denselben Linien, in Folge des Uebergewichtes der Neigungsströme, vorn auf-, hinten absteigende Kräfte bestanden, nachher zur Gleichartig-

keit der Linien gekommen sein, in Folge der Verschiebung der negativsten Punkte in den Querlinien, wie sie die Erfüllung der Lücke mit sich bringt. Lässt es sich also auch durchaus nicht erweisen, so ist doch sehr wohl die Möglichkeit einzusehen, dass die elektromotorische Oberfläche Fig. 20 auch dann sich darbietet, wenn in die mittlere Lücke der Vorrichtung Fig. 20 *A* wirksame Theile in der bezeichneten Weise eingefügt sind.

Damit von der Vorrichtung zum Blatte übergehend, sehen wir bei diesem die Sachlage sich noch wesentlich günstiger gestalten. Da die durch die Mittelrippen-Parenchyme in den Linien der Oberfläche gesetzten Spannungsdifferenzen mit der Entfernung von der Mittelrippe rasch abnehmen müssen, werden die Mittelrippen-Parenchyme in ihrer Bedeutung für die elektromotorische Oberfläche desto mehr gegenüber dem Blattflügel-Parenchyme zurücktreten, je grösser der Abstand von der Mittelrippe ist; bis endlich von einem gewissen Abstande an das Blattflügel-Parenchym allein zur Geltung kommen, d. h. die Oberfläche gerade so sich verhalten wird, wie wenn ausschliesslich dieses Parenchym wirksam wäre und nur unwirksamer feuchter Leiter in der Mittelrippe sich befände. Nun müssen die Wirkungen der Mittelrippen-Parenchyme in der Nähe der Mittelrippe besonders im Verhalten der Längslinien zur Wahrnehmung kommen und daneben etwa noch in der Asymmetrie der oberen und der unteren Fläche. Gerade aber hinsichts der somit fraglichen Linien und Flächenstücke ist unsere Kenntniss der elektromotorischen Oberfläche des Blattes lückenhaft geblieben. Denn gerade in der Nähe der Mittelrippe haben sich die vergleichenden Bestimmungen an der oberen und der unteren Fläche nicht ausführen lassen (s. o. S. 41), und gerade dort auch ist es, was jetzt alle Beachtung verdient, uns nicht gelungen (s. o. S. 39), eine einfache Gesetzmässigkeit in den Spannungen der Längslinien zu erkennen, die Längsmittellinie ausgenommen, bei welcher die Richtungen der Kräfte jedoch hier gar nicht in Frage zu kommen brauchen. Wenn also die Wirkungen der Mittelrippen-Parenchyme, wie es sehr gut möglich ist, nur bis zu einer

mässigen Entfernung von der Mittelrippe eine solche Grösse besitzen, dass sie bei der Feinheit unserer Bestimmungen sich bemerklich machen, so ist Nichts natürlicher, als dass die Wirkungen an unserer elektromotorischen Oberfläche des Blattes vollständig sich vermissen lassen. Und darum stellt sich offenbar noch viel mehr, als dass die metallischen Theile der vorhin modificirten Vorrichtung Fig. 20 *A* die elektromotorische Oberfläche Fig. 20 liefern, das Andere als wahrscheinlich heraus, um das es uns ja im Grunde nur zu thun ist, dass die elektromotorische Oberfläche des Blattes aus den Kräften des Parenchyms resultirt, wenn ebensolche Kräfte in ebensolcher Anordnung dem Blattflügel-Parenchyme zukommen, wie den Cylindermassen in den seitlichen Hälften der Vorrichtung Fig. 20 *A*.

Doch, nicht zu vergessen, wir haben soweit die beiden Aussenparenchyme vernachlässigt und müssen auch diese Parenchyme noch in den Kreis der Untersuchung ziehen.

Das Randstachel-Parenchym erfüllt nicht blos den eigentlichen Randstachel, sondern auch den Wulst, der an dem Ursprunge jedes Stachels liegt und der Ausbuchtung der unteren Blattfläche nach unten seine Entstehung verdankt. Es ist von Reihen etwa cylindrischer Zellen, deren lange Axe ohngefähr parallel der Axe des Stachels verläuft, gebildet, und nur zu unterst im Wulste finden sich kugelige Zellen, auf welche sich jene Zellenreihen gewissermassen aufsetzen. Von den am weitesten nach innen reichenden Zellenreihen stossen die untersten Zellen mit ihren Mänteln unmittelbar an die Pole der letzten Zellen des Blattflügel-Parenchyms an und zwar so, dass die Querreihen des Blattflügel-Parenchyms mit den Schrägreihen des Randstachel-Parenchyms einen nach oben concaven Winkel bilden, der nahe an 180° herankommt[1]). Dass das Parenchym des äusseren Randes aus lauter kugeligen Zellen besteht und nur einen ganz schmalen Saum an der Aussenseite des Blattflügel-Parenchyms in den Zwischenräumen der Randstacheln oder Randstachel-Parenchyme bildet, ist uns schon von früher her bekannt.

---

1) Vergl. Fig. 4 und Fig. 27 *a*.

Wir gehen nun nochmals die drei möglichen Fälle hinsichts der Kräfte des Blattflügel-Parenchyms durch und lassen, wie wir vorher das Blattflügel-Parenchym zusammen mit dem Mittelrippen-Parenchyme betrachteten, jetzt ausserdem auch noch die Aussenparenchyme wirksam sein. Ueber die Kräfte, welche dabei die Zellen des Randstachel-Parenchyms erhalten, kann kein Zweifel herrschen, da immer dieselben Richtungen zur langen Axe und zur oberen und unteren resp. vorderen und hinteren Wand der Zellen anzunehmen sind, wie bei den Zellen des Blattflügel-Parenchyms. Dagegen sind wir bei den kugeligen Zellen des Parenchyms des äusseren Randes in Verlegenheit, welche Kräfte wir ihnen in Bezug auf die Kräfte des Blattflügel-Parenchyms zuertheilen sollen; und es bleibt Nichts übrig, als dass wir in jedem Falle die Kräfte der kugeligen Zellen gerichtet setzen ein Mal wie die der Zellen des Blattflügel-Parenchyms, ein zweites Mal wie die der Zellen des oberen und ein drittes Mal wie die der Zellen des unteren Mittelrippen-Parenchyms. Führen wir so die Prüfungen durch, so finden wir, dass überall da, wo eine elektromotorische Oberfläche sonst sich ergab, die von der des Blattes wesentlich abwich, auch durch das Hinzutreten der Aussenparenchyme darin Nichts geändert wird, und dass andererseits, wo vorher die Möglichkeit sich herausstellte, dass die elektromotorische Oberfläche des Blattes erhalten wurde, diese Möglichkeit auch jetzt noch fortbesteht. Im Uebrigen treten weder neue bemerkenswerthe Momente noch neue Schwierigkeiten bei den Prüfungen auf, und die ausgedehntere Behandlung derselben darf um so eher unterbleiben, als die weitere Entwickelung der Dinge bald sogar diese ganzen Prüfungen überflüssig erscheinen lassen wird. Nur das mag erwähnt sein, dass, wenn man das Blattflügel-Parenchym mit solchen Kräften in solcher Anordnung ausgestattet setzt wie die Cylindermassen in den seitlichen Hälften der Vorrichtung Fig. 20 *A*, durch die Aussenparenchyme im ungünstigsten Falle an der elektromotorischen Oberfläche Fig. 20 doch nicht mehr verändert wird, als dass die negativsten Punkte der Querlinien sich ein wenig verschieben; und dass, wenn damit auch in der

Gleichartigkeit der mittleren Längslinien der seitlichen Hälfte eine Störung eintritt, dieselbe doch nur unbedeutend ist, so dass sie am Blatte innerhalb der Fehlergrenzen der Bestimmungen bleiben könnte.

Die Aussenparenchyme ändern also Nichts, und es bleibt bei dem, was wir vorher ermittelt haben. Wir sahen zuerst, dass, mit welchen Kräften man auch die anatomischen Bestandtheile des Blattes ausser dem Parenchyme mag ausgestattet sein lassen, nie die Kräfte die constatirte elektromotorische Oberfläche des Blattes liefern. Ebensowenig, stellte sich weiter heraus, führt es zu dieser Oberfläche, wenn man das Parenchym als wirksam annimmt und die Zellen des Blattflügel-Parenchyms Kräfte besitzen lässt, die senkrecht zur langen Axe der Zellen und senkrecht zu den Blattflächen oder die senkrecht zur langen Axe der Zellen und parallel den Blattflächen gerichtet sind. Ertheilt man aber, wiederum das Parenchym als wirksam vorausgesetzt, den Zellen des Blattflügel-Parenchyms der langen Axe der Zellen parallele Kräfte und zwar in solcher Anordnung, wie sie die Cylindermassen in den seitlichen Hälften der Vorrichtung Fig. 20 *A* zeigen, so lässt sich, wie wir schliesslich fanden, die elektromotorische Oberfläche des Blattes zwar nicht mit Sicherheit aus den Kräften des Parenchyms ableiten — dazu gebricht es an der unentbehrlichen Kenntniss verschiedener Grössenverhältnisse, und daran verhindern die durch die Mittelrippen-Parenchyme eingeführten Verwickelungen —, aber es ergiebt sich hier eine sehr hohe Wahrscheinlichkeit dafür, dass aus den Kräften des Parenchyms die elektromotorische Oberfläche des Blattes resultirt. Damit sind wir offenbar zu Erfolgen gelangt, so gut sie sich nur erwarten liessen; und bei den Grenzen, welche solchen Untersuchungen, wie wir sie eben führen, heutzutage gesteckt sind, wird man nicht im Zweifel darüber sein können, dass die letztbezeichneten Kräfte in der Wirklichkeit dem Blattflügel-Parenchyme zukommen.

Weitere Erfahrungen am Blatte verbürgen denn auch noch die Zuverlässigkeit dieses Ergebnisses.

Nach unseren Ermittelungen ist die elektromotorische

Oberfläche des Blattes, so genau wir sie kennen lernten, ausschliesslich oder fast ausschliesslich durch die Kräfte des Blattflügel-Parenchyms bedingt, und die anderen Parenchyme sind für dieselbe ohne Bedeutung oder beeinflussen sie doch blos unwesentlich. Nur wenn dies richtig, ist es denkbar, dass die Winkel, welche die Zellenreihen der verschiedenen Parenchyme mit einander bilden, grösser oder kleiner werden können, ohne dass die elektromotorische Oberfläche des Blattes Veränderungen erfährt. Das ist es aber, was sich in der That ergiebt. Wenn das offene Blatt, das wir unseren bisherigen Ueberlegungen zu Grunde legten, sich schliesst oder wenn das geschlossene Blatt sich wieder öffnet, ändern sich die Winkel, welche die Zellenreihen des Blattflügel-Parenchyms mit den Zellenreihen der Mittelrippen-Parenchyme einerseits und mit den Zellenreihen des Randstachel-Parenchyms andererseits bilden, um 30—60° (s. u. §. 5); und doch wird die gleiche Vertheilung der Spannungen an der Oberfläche des Blattes gefunden, mag das Blatt mehr oder weniger offen oder geschlossen sein (s. o. S. 41).

Die Bedeutungslosigkeit der Aussenparenchyme für die elektromotorische Oberfläche des Blattes lässt sich ferner auf folgende Weise erhärten. Schneidet man an einem äusseren Rande des Blattes oder auch an beiden äusseren Rändern die Randstacheln mit ihren Wülsten und dem schmalen Saume des freien Randes zwischen den Stacheln so ab, dass nur Reste vom Randstachel-Parenchyme und vom Parenchyme des äusseren Randes dort stehen bleiben, so kommt an der elektromotorischen Oberfläche des Blattes keine Veränderung zur Beobachtung. Da eine Reizbewegung nicht eintritt (s. u. §. 5), lässt sich der Versuch auch am offenen Blatte anstellen, während zweien Punkten der unteren Blattfläche die Elektroden angelagert sind; und wenn keine Verrückung der Elektroden erfolgt, sieht man die vor dem Abschneiden vorhandene Kraft ebenso nach dem Abschneiden fortbestehen, gleichviel wo die geprüften Punkte gelegen sind.

Unter dem Eindrucke dieser Erfahrungen drängt sich die Frage auf, ob denn überhaupt den Aussenparenchymen solche

elektrischen Kräfte zukommen, wie dem Blattflügel-Parenchyme. Wir gewahren, indem wir uns umschauen, dass, wenn wir soweit die Aussenparenchyme mit dem Blattflügel-Parenchyme in elektromotorischer Beziehung in Zusammenhang gebracht haben, wir dazu nur durch den im Grunde bedeutungslosen Umstand veranlasst worden sind, dass die grobe Anatomie beiderlei Bestandtheile des Blattes mit dem Collectivbegriffe „Parenchym" umfasst. Selbst eine morphologische Uebereinstimmung der Aussenparenchyme mit dem Blattflügel-Parenchyme lässt sich nicht vertreten, zumal wenn man vom Randstachel-Parenchyme die tief im Stachel selbst gelegenen Zellen mit in's Auge fasst. Andererseits, wie sich bisher jede Spur einer elektromotorischen Wirksamkeit der Aussenparenchyme vermissen liess, so kann man auch die beim letzten Versuche abgeschnittenen Randtheile des Blattes ableiten wie man wolle, es gelingt nicht, elektrische Wirkungen ihnen zu entlocken; während sonst alle ausgeschnittenen Theile des Blattes mehr oder weniger grosse, oft recht beträchtliche Spannungsdifferenzen zwischen den Schnittflächen oder zwischen der Schnittfläche und der Oberfläche ergeben. Da somit nicht das Mindeste für jenen bisher festgehaltenen Zusammenhang, wohl aber Manches gewichtig dagegen spricht, müssen wir jetzt die Aussenparenchyme ganz von dem Blattflügel-Parenchyme scheiden und ebensogut, wie z. B. die Epidermis, den unwirksamen Bestandtheilen des Blattes zurechnen.

Anders steht es, wenn sich die gleiche Frage für die Mittelrippen-Parenchyme erhebt. Schon die morphologische Uebereinstimmung dieser Parenchyme mit dem Blattflügel-Parenchyme ist gar nicht zu verkennen, und sogar noch engere Beziehungen werden für das obere Mittelrippen-Parenchym offenbar, sobald man einen Querschnitt des geschlossenen Blattes betrachtet. Denn hier, wo unsere Verticalreihen der Zellen des oberen Mittelrippen-Parenchyms fast parallel unseren Querreihen der Zellen des Blattflügel-Parenchyms laufen, lehrt der erste Blick, dass die beiderlei Zellenreihen ein von Natur zusammengehöriges Ganzes sind, von dem nur die eine Partie, je mehr das Blatt sich öffnet, desto mehr sich um die

Mittelrippenaxe dreht, während die andere Partie ihre Lage zur selben Axe unverändert beibehält. Ausserdem aber erweist sich nicht blos jedes isolirte Stück der Mittelrippe elektromotorisch wirksam, sondern es macht sich sogar die Wirksamkeit der Mittelrippen-Parenchyme auch schon an der elektromotorischen Oberfläche des unversehrten Blattes deutlich bemerklich in einem Verhalten, das wir nur so lange absichtlich ausser Acht gelassen haben, in der Asymmetrie der Mittelrippe.

Als wir oben S. 76 unsere Vorrichtung Fig. 20 *A* modificirten, fügten wir die Cylinder mit ihren Polen nach oben und nach unten gerichtet in den oberen Theil, nach vorn und nach hinten gewandt in den unteren Theil der mittleren Lücke ein. Auch umgekehrt hätten die letzteren Cylinder oben, die ersteren unten in der Lücke sich annehmen lassen, ohne dass dadurch die Erfolge im Mindesten beeinträchtigt wurden. Aber, was ohnedies am natürlichsten erschien, das ist jetzt durch die Zusammengehörigkeit des oberen Mittelrippen-Parenchyms mit dem Blattflügel-Parenchyme geradezu zweifellos, dass auch die Kräfte der Mittelrippen-Parenchyme der langen Axe der Zellen parallel zu setzen sind. Nun resultirten an unserer Vorrichtung aus den das untere Mittelrippen-Parenchym repräsentirenden Cylindern für die Längsmittellinie in der vorderen Hälfte absteigende, in der hinteren Hälfte aufsteigende und zwar in beiden Hälften symmetrische Kräfte. Das trifft aber für das Blatt, das wir immer in seinem natürlichen Zusammenhange mit dem Blattstiele untersuchten, deshalb nicht zu, weil, wie jetzt an der Zeit ist zu bemerken, das untere Mittelrippen-Parenchym des Blattes ohne jede Unterbrechung sich fortsetzt in ein gleiches und gleich gelagertes Parenchym, das über den ganzen Blattstiel (mit dem Zwischengliede) sich erstreckt. Da demgemäss auch dem letzteren Parenchyme die elektrischen Kräfte unseres unteren Mittelrippen-Parenchyms zuzusprechen sind, so muss der elektromotorische Aequator der ein Ganzes bildenden unteren Mittelrippen-Parenchyme des Blattes und des Blattstieles v o r der Mittelrippe des Blattes gelegen sein. Durch das untere Mittel-

rippen-Parenchym werden sich also an der Mittelrippe des Blattes zu den dort sonst schon vorhandenen, in der vorderen Hälfte auf- und in der hinteren Hälfte absteigenden Kräften überall nur aufsteigende Kräfte algebraisch summiren; und daher kommt es, dass der positivste Punkt an der Mittelrippe über die Mitte derselben hinaus nach hinten verschoben ist.

Ist mit dieser Herleitung der Asymmetrie der Mittelrippe das Rechte getroffen, so müssen mit der Verkürzung des Blattstieles, unter Verschiebung des vorhin bezeichneten Aequators, die Kräfte an der Mittelrippe des Blattes Veränderungen erfahren: und das ist wirklich der Fall. Schon Hr. Sanderson hat seinen „normalen Blattstrom" (zwischen den Blattenden) ansehnlich wachsen sehen, wenn er den mit dem Blatte verbundenen Blattstiel im Ganzen oder stückweise abtrug[1]). Dass Hr. Sanderson, vor diese Erfahrung blos mit seiner Kenntniss des „normalen Blattstromes" und des (entgegengesetzt gerichteten) „Blattstielstromes" gestellt, dieselbe nicht zu erklären vermochte, ist nur natürlich; unverständlich ist mir aber, wie er sie hat in Beziehung zum Elektrotonus des Nerven bringen können[2]), und eine Widerlegung wird nicht nöthig sein. Ich habe die aufsteigende Kraft zwischen den Enden der Mittelrippe nach der Verkürzung des Blattstieles meist gleichfalls gewachsen, doch auch wiederholt, wenn der Schnitt nahe dem hinteren Ende des Blattstieles geführt war, verringert gefunden; ausserdem habe ich die ab-

1) Proceed. p. 495; Centralbl. S. 834; Nat. p. 128.

2) Ich setze die Stelle (Nat. p. 128) hierher: „The leaf-stalk was cut off, the leaf remaining as before on the electrodes. The deflection was increased (more than doubled). It was then explained that when the leaf-stalk is itself placed on the electrodes, the galvanometer indicates the existence of a current opposed in direction to that of the leaf, showing that the electrical conditions on opposite sides of the joint between stalk and leaf are antagonistic to each other. Consequently, so long as leaf and stalk are united, each prevents or diminishes the manifestation of electromotive force by the other. This is completely in accordance with what is observed with reference to nerve, and is known as „electrotonic variation of the nerve current"."

steigende Kraft in der hinteren und vornehmlich die aufsteigende Kraft in der vorderen Hälfte der Mittelrippe abnehmen sehen. Und das genügt für den angetretenen Beweis. Im Uebrigen habe ich ein volles Verständniss der hier eintretenden Veränderungen noch nicht zu gewinnen vermocht, weil, als ich mich zu den vorerst wenig wesentlichen und dabei die Töpfe entblätternden Versuchen im letzten Spätherbste entschloss, das Material mir nicht mehr in ausreichender Menge zu Gebote stand und besonders auch nicht in der erforderlichen Güte, da die Kräfte öfters schon umgekehrt waren (s. o. S. 44). Erst mit einer grösseren Summe von Versuchen werden die mehrfachen Verwickelungen, welche hier durch die von vorn nach hinten abnehmende Dicke der Blatt-Mittelrippe, durch das Vorhandensein gleicher Zellenreihen auch an der oberen Seite des Zwischengliedes und des Blattstieles, durch die von den Blattflügeln und den Blattstielflügeln gebildeten Nebenschliessungen u. s. w. gesetzt sind, sich befriedigend überwinden lassen. Erst dann werden auch, beiläufig bemerkt, die Veränderungen von Hrn. Sanderson's „normalem Blattstrome", welche das Hindurchleiten eines constanten Stromes durch den Blattstiel herbeiführt[1]), sich mit Erfolg studiren lassen: Veränderungen, welche nach meinen Wahrnehmungen durch ihre unbedeutende Grösse und durch die Inconstanz der Richtung, in welcher sie erfolgen, sich sehr wesentlich von den elektrotonischen Veränderungen des Nerven unterscheiden.

Fassen wir nun alle die dargelegten neuen Erfahrungen zusammen, so haben sich alle anderen Parenchyme ausser dem Blattflügel-Parenchyme in der That von nur so geringer Bedeutung für unsere elektromotorische Oberfläche des Blattes ergeben, wie wir es vorgesehen hatten, und zwar die Aussenparenchyme aus dem Grunde, weil sie überhaupt unwirksam sind, die Mittelrippen-Parenchyme deshalb, weil sie blos in

---

1) Sanderson, Proceed. p. 495—6; Centralbl. S. 834. Die Richtungen der Zuwachsströme sind an der einen dieser beiden Stellen gerade entgegengesetzt angegeben, wie an der anderen.

der Asymmetrie der Mittelrippe sich zur Geltung bringen. Andererseits aber hat es sich auch in Folge der Zusammengehörigkeit des oberen Mittelrippen-Parenchyms mit dem Blattflügel-Parenchyme und in Folge der Asymmetrie der Mittelrippe als unzweifelhaft herausgestellt, dass die Mittelrippen-Parenchyme mit ebensolchen Kräften wie das Blattflügel-Parenchym ausgestattet sind. Mit noch grösserer Sicherheit und Genauigkeit, als vorher, können wir also jetzt die elektromotorische Oberfläche des Blattes daher ableiten, dass die Zellen des Blattflügel-Parenchyms und der beiden Mittelrippen-Parenchyme der langen Axe der Zellen parallele Kräfte besitzen in solcher Anordnung, wie sie die Cylindermassen in den seitlichen Hälften der Vorrichtung Fig. 20 *A* darbieten.

Ueberhaupt kann dieses Ergebniss nunmehr höchstens noch Bedenken unterliegen auf Grund der Abweichungen, welche die dem Blatte angenäherte Gestalt unserer Vorrichtungen von der wirklichen Gestalt des Blattes darbot; und auch jedes derartige Bedenken wird durch die Untersuchung beseitigt. Es würde zu weit geführt haben und wäre auch zwecklos gewesen, hätten wir oben in ausgedehnter Entwickelung unsere Vorrichtungen noch mehr der Blattform nähern wollen: es genügt, wenn wir jetzt die Abweichungen von dem Gesichtspunkte aus betrachten, ob durch ihre Vernachlässigung unser Vergleich der elektromotorischen Oberflächen der Vorrichtungen mit der des Blattes ist mit wesentlichen Fehlern belastet worden. So dürfen wir nun rasch darüber hinweggehen, dass wir als äusseren Rand immer die beiden gleichen Sehnen genommen haben an Stelle der, übrigens oft nur wenig grösseren Bögen, und dass unsere Vorrichtungen die Wölbungen haben vermissen lassen, welche das ganze Blatt in der Richtung von vorn nach hinten und jeder Blattflügel überdies zwischen dem inneren und dem äusseren Rande zeigt; denn die Beseitigung dieser Abweichungen an unseren Vorrichtungen hätte offenbar nur unbedeutende und, bei der Genauigkeit unserer Bestimmungen, nicht der Rede werthe Verzerrungen der elektromotorischen Oberflächen zur Folge gehabt.

Und auch nicht viel länger brauchen wir zu verweilen bei den anderen Abweichungen, welche in der eigenthümlichen Verbindung der Blattflügel mit der Mittelrippe begründet sind.

Die Mittelrippe unseres Blattes verläuft in einem nach unten concaven Bogen, und nicht an ihren Seiten, sondern an ihrer oberen Convexität inseriren sich, etwa rechtwinkelig zu einander, die beiden Blattflügel, so dass der innere Rand jedes Blattflügels einen nach aussen convexen Bogen bildet, ähnlich wie der äussere Rand, der jedoch stärker gekrümmt ist. Dies haben unsere flach ausgebreiteten Vorrichtungen nicht wiedergeben können, die nur berücksichtigten, was nicht minder charakteristisch für das Blatt ist, dass der vordere und der hintere Rand des Blattflügels unter rechten Winkeln von der Mittelrippe abgehen und beträchtlich kürzer sind als die mittelste Querlinie des Blattflügels, und bei welchen weiter, da der innere Rand des Seitentheiles der Vorrichtung geradlinig angenommen wurde, für die seitliche Begrenzung die Krümmung des inneren Randes des Blattflügels von der Krümmung seines äusseren Randes in Abzug gebracht war. Dadurch ist die Lage der Seitentheile gegen die sie verbindende Mitte an der Vorrichtung eine andere gewesen als am Blatte; dadurch sind zweitens an der Vorrichtung alle Längslinien zwischen den äusseren Enden der vorderen und der hinteren Ränder von gleicher Länge gewesen und die Querlinien einander parallel verlaufen, während am Blatte die dem inneren Rande des Blattflügels parallelen Längslinien nach aussen hin an Länge wachsen und die Querlinien nach aussen hin divergiren; dadurch endlich ist es gekommen, dass die Höhe oder Dicke unserer Vorrichtungen in deren ganzer Ausdehnung die gleiche war, während jeder Blattflügel von der Mitte seines inneren Randes aus nach vorn und nach hinten, wie auch besonders nach aussen hin an Dicke abnimmt. Hervorzuheben ist aber, dass mit diesen Abweichungen nicht die mindeste Verschiedenheit in der Lage aller Stränge, Zellen, Axen u. s. w. zu den Blattflächen und zu der Mittelrippen-Axe, wie wir sie vorher unseren Untersuchungen zu Grunde legten, verknüpft ist. Sondern es divergiren nur die pfeilerartigen Seitennerven, die Reihen der Epidermiszellen und die Querreihen der Zellen

des Blattflügel-Parenchyms in der Wirklichkeit nach aussen hin, statt einander parallel zu verlaufen, wie wir es vorher annahmen; und die so entstehenden Zwischenräume werden bei der Epidermis durch neu hinzutretende Zellenreihen, beim Parenchyme dadurch ausgefüllt, dass die dicht an der Mittelrippe über einander gelagerten Zellenreihen sich nach aussen hin zum Theil neben einander schieben[1]).

Wenn wir diese Abweichungen an unseren Vorrichtungen, der Natur derselben angemessen, beseitigen, wenn wir die Bleche passend biegen und zuschneiden, die Cylinder und Cylinderreihen nach Bedürfniss nach aussen convex krümmen oder nach aussen hin divergiren lassen und im letzteren Falle die Zwischenräume mit unwirksamem feuchten Leiter oder mit neuen Cylindern und Cylinderreihen erfüllen, wenn wir die Höhe in der erforderlichen Weise wachsen lassen durch die Zunahme der unwirksamen Flüssigkeit allein oder auch durch die Vermehrung der über einander befindlichen metallischen Theile u. s. w., so führen uns die mühsamen Prüfungen, die genauer durchzugehen nicht lohnt, zu dem einfachen Resultate, dass Alles beim Alten bleibt. Weder erweisen sich die vorher unzutreffend befundenen Vorrichtungen jetzt zutreffend für das Blatt hinsichts der elektromotorischen Oberfläche, noch stellt sich die Aehnlichkeit, welche die Oberflächen der Vorrichtungen Figg. 20 *A*, *B* und *C* mit der des Blattes darboten, jetzt irgend wesentlich gegen früher verringert heraus. Und das Letztere, das eigentlich allein sich ernstlich hätte bezweifeln lassen, stimmt denn auch durchaus mit der Einsicht überein, die auf einem anderen, viel bequemeren Wege sich gewinnen lässt. Da die elektromotorische Oberfläche, so genau wir dieselbe kennen lernten, am geschlossenen Blatte die gleiche ist wie am mehr oder weniger offenen Blatte, also unverändert bleibt, während der Winkel, den die Blattflügel mit einander bilden, von c. 30° auf c. 90° wächst, so kann es für dieselbe auch Nichts ausmachen, wenn wir jenen Winkel in

1) Die Zahl der über einander gelagerten „inhaltlosen“ Zellen, wie Hr. Kurtz sie nennt, des Blattflügel-Parenchyms nimmt von der Mittelrippe zum äusseren Rande hin von 6—7 auf 3—4 ab.

Gedanken weiter von 90° auf 180° wachsen lassen, so dass das Blatt ebenso flach ausgebreitet wäre wie unsere Vorrichtung. Wir finden ferner an jungen Blättern, die eben sich zu öffnen begonnen haben, die Mittelrippe noch gerade und den Blattflügel von überall gleicher Dicke; und erst mit dem weiteren Wachsen der Blätter bilden sich die Krümmung der Mittelrippe und der Dickenunterschied am Blattflügel mehr und mehr aus, bis beide endlich am vollentwickelten grossen Blatte eine ansehnliche Grösse erlangt haben. Doch ist es so nur bei den hiesigen und den amerikanischen Dionaeen; bei den englischen Dionaeen ist die Mittelrippe immer viel weniger und auch an den grössten Blättern nur mässig gekrümmt, und der Dickenunterschied am Blattflügel ist selbst an den letzteren Blättern nur schwer zu constatiren. Dem entsprechend zeigt sich auch an unseren und den amerikanischen Dionaeen die Verlängerung des Blattflügels nach aussen hin, wenn das Blatt nicht noch sehr klein ist, regelmässig sehr deutlich und oft sogar in beträchtlicher Grösse, während bei den englischen Dionaeen nicht selten selbst das grosse Blatt mehr viereckig, an Gestalt wirklich unseren Vorrichtungen ähnlich sich darstellt[1]). Allen diesen Verschiedenheiten gegenüber ist aber unsere elektromotorische Oberfläche des Blattes an alten wie an jungen Blättern, bei hiesigen und amerikanischen wie bei englischen Dionaeen immer in gleicher Weise anzutreffen, und es können daher jene wechselnden Verhältnisse nicht von Einfluss auf die Oberfläche sein.

Die Abweichungen, welche die Gestalt unserer Vorrichtungen von der des Blattes darbot, hatten mithin allesammt Nichts zu besagen. Doch ist die Verfolgung derselben nicht so ganz unfruchtbar gewesen, wie es im Augenblicke scheinen kann, da sie uns in einem wesentlichen Punkte zu einer Berichtigung unserer Anschauungen verhilft. Wir haben uns bei der Betrachtung unserer Vorrichtungen immer an die obere und die untere Fläche bis zu deren Rändern gehalten und

1) S. Fig. 1, *a* und *b*, *c* und *d*. Vergl. auch Darwin, Ins. Pl. Fig. 12 p. 287.

sind nie auf die Schmalseiten, die Querschnitte, wie sie heissen mögen, übergegangen, unter der stillschweigenden Voraussetzung, dass wir auch bei unseren Bestimmungen am Blatte immer auf den grossen Flächen der elektromotorisch wirksamen Partieen uns bewegt hatten und nie vor deren Querschnitte gekommen waren. Traf die Voraussetzung nicht zu, kam etwa der unwirksamen Schicht an den Rändern des Blattes eine solche Breite zu, dass wir bei gewissen äussersten Bestimmungen am Blatte uns bereits vor den Querschnitten befunden hatten, so konnte doch dadurch kein Fehler in unseren Ueberlegungen bedingt sein. Denn wie die Durchmusterung unserer Vorrichtungen lehrt, wären dadurch nur neue Richtungen der Kräfte in den Längslinien vor den äusseren Querschnitten der Vorrichtungen Figg. 18 und 19, in den Querlinien vor den vorderen und hinteren Querschnitten der Vorrichtungen Figg. 22, 23 und 24 anzumerken gewesen; und alle diese Vorrichtungen stellten sich doch schon aus anderen Gründen sehr bald als unbrauchbar für unsere Zwecke heraus. Indem so nicht einmal in der vergleichenden Betrachtung der Flächen und der Querschnitte ein Hülfsmittel sich uns darbot, die Breite der unwirksamen Schicht an den Rändern des Blattes zu ermitteln, durften wir um so eher es uns ersparen, mit solcher Betrachtung die ohnedies schwierige Darlegung noch unnütz zu erschweren. Jetzt ist es auch auf das Bestimmteste zu sagen, dass wir an den Rändern des Blattes nie vor die Querschnitte der elektromotorisch wirksamen Partieen gekommen sind, da das Blattflügel-Parenchym an dem vorderen und dem hinteren Rande des Blattflügels bis an die Epidermis reicht, und da andererseits unsere Elektroden nie über dem Parenchyme des äusseren Randes allein oder auf den Randstacheln aufgesetzt waren. Aber, was nicht an den Rändern, das ist, wo man es von vorne herein am wenigsten erwarten mochte, gerade in der Mitte des Blattes der Fall. In Folge der eigenthümlichen Insertion der Blattflügel an der Mittelrippe sind unsere Bestimmungen an dieser, wie ohne Weiteres erhellt, da die Elektroden immer die Mitte der unteren Fläche der Mittelrippe be-

rührten, nicht an den inneren Rändern der Flächen der Blattflügel-Parenchyme oder doch dicht bei denselben, sondern geradezu vor den Querschnitten der Blattflügel-Parenchyme gemacht[1]). Dass somit unsere Betrachtung der Längsmittellinie an den Vorrichtungen für die Mittelrippe nicht zutrifft, ist nicht weiter von Belang. Denn wenn wir uns auch die Längsmittellinien aller unserer Vorrichtungen, welche die unwirksame mittlere Lücke zeigten, vor den Querschnitten der metallischen Theile gelegen denken, so wird doch dadurch nirgends eine Uebereinstimmung der elektromotorischen Oberfläche der Vorrichtung mit der des Blattes erzielt, wo wir die Uebereinstimmung sonst vermissten; und bei den Vorrichtungen Figg. 20 *A*, *B* und *C* sehen wir dann nur in der Längsmittellinie zu den vorn auf-, hinten absteigenden schwächeren Kräften, welche durch die Neigungsströme bedingt sind, mit gleichen Richtungen die stärkeren Kräfte des Querschnittes hinzutreten. Aber es ist doch eine besonders für die Folge werthvolle Einsicht, welche wir gewonnen haben, dass unsere Bestimmungen an der Mittelrippe die Querschnitte, alle unsere anderen Bestimmungen die Flächen der Blattflügel-Parenchyme betreffen.

Es ist also jetzt nach allen Seiten gesichert, dass die elektromotorische Oberfläche des Blattes aus den Kräften des Blattflügel-Parenchyms und der beiden Mittelrippen-Parenchyme re-

---

1) Ohne die genauere Untersuchung des Blattes kann man sich von den in Betracht kommenden Verhältnissen auf folgende Weise eine richtige Vorstellung verschaffen. Man lege die beiden Hände mit gestreckten und adducirten Fingern so an einander, dass die Radialränder der Daumen sich berühren, ferner die Radialränder der Zeigefinger nach deren Spitzen hin einander immer näher kommen, aber nicht bis zur Berührung, endlich die Volarflächen der Hände etwa einen rechten Winkel mit einander bilden. Es sind dann die beiden Blattflügel durch die Hände ohne die Daumen repräsentirt und die Mittelrippe durch die beiden Daumen, die man nur noch unten verdickt sich zu denken hat und nach oben hin unter Verjüngung so verlängert, dass der Zwischenraum der Zeigefinger verdeckt ist. Wo die Dorsalflächen beider Daumen zusammenstossen, würden unsere Elektroden die Mittelrippe berührt haben.

sultirt, aus Kräften, welche immer der langen Axe der Zellen parallel und gerade so angeordnet sind, wie die Kräfte der Cylindermassen in den seitlichen Hälften der Vorrichtung Fig. 20 *A*. Ob dabei auf die einzelne Parenchymzelle immer nur zwei elektromotorische Flächen entfallen oder mehr solche Flächen — natürlich in gerader Anzahl, mit anderen Worten, ob die einzelne Parenchymzelle hinsichts ihrer Kräfte einem einzigen Metallcylinder der Vorrichtung oder einer ganzen Gruppe solcher Cylinder entspricht, das hat sich nicht ausmachen lassen. Da die einzelnen Zellen klein genug sind gegen die Berührungsflächen des unwirksamen leitenden Bogens, um auch an die letztere Möglichkeit denken zu lassen, haben wir von Anfang an bei unserer Untersuchung beide Möglichkeiten im Auge behalten, und überall haben sich beide Möglichkeiten als gleich zulässig herausgestellt. Aber wir haben bisher immer einen Umstand vernachlässigt, der hier gerade eine besondere Beachtung verdient. Während nämlich die Cylinder der Vorrichtung Fig. 20 *A* sämmtlich von gleicher Grösse sind und nach allen Dimensionen der Vorrichtung regelmässig in Reihen geordnet sind, sehen wir die Zellen des Blattflügel-Parenchyms, an das wir uns zunächst allein halten wollen, von ungleicher Grösse und nur zu Querreihen regelmässig angeordnet, nach der Länge und der Dicke des Blattes aber mehr oder weniger unregelmässig aneinandergelagert. Tragen wir diesem Verhalten Rechnung und setzen wir jede einzelne Zelle mit denselben Kräften ausgestattet wie den einzelnen Metallcylinder, so können sich die elektrischen Wirkungen zweier benachbarter Zellen, die verschiedenen Querreihen angehören, dort wo die Zellen aneinanderstossen, nicht so vollkommen aufheben, wie es bei den Cylindern unserer Vorrichtung der Fall ist; und deshalb kann auch, im Gegensatze zu dem, was für unsere Vorrichtung gültig ist, die elektromotorische Oberfläche der ganzen Zellenmasse nicht ausschliesslich aus den Spannungsdifferenzen einerseits der freien Pole, andererseits der freien Mantelflächen der äussersten, an der Grenze der Zellenmasse gelegenen Zellen resultiren. Da aber demnach, wenn nur zwei elektromotorische Flächen auf jede Zelle entfielen, die Ueber-

legung und die Beobachtung verschiedene elektromotorische Oberflächen für das Blatt ergäben, so scheint es gar nicht anders sein zu können, als dass zahlreiche Metallcylinder der einzelnen Zelle entsprechen, für welchen Fall die unregelmässige Anordnung der Zellen ohne jede Bedeutung ist.

Indess bei näherer Betrachtung gestalten sich die Dinge anders. Denken wir uns in der 1., 3., 5. u. s. f. in jeder ungeraden Querreihe der Metallcylinder der Vorrichtung Fig. 20 *A*, durch die Verlängerung des einen und die entsprechende Verkürzung des anderen Schlusscylinders, die Cylinder alle um $^1/_2$ oder $^1/_3$ oder $^1/_4$ u. s. w. der Cylinder-Länge gegen die Cylinder der geraden Reihen verschoben, so werden dadurch allerdings neue und zwar je nach der Grösse der Verschiebung verschiedene Spannungen an der Oberfläche der Vorrichtung hinzutreten; aber diese Spannungen werden, weil die elektrischen Wirkungen der Cylinder je zweier benachbarter gerader resp. ungerader Reihen immer inmitten ihres Abstandes sich vollkommen aufheben müssen, für die elektromotorische Oberfläche doch nicht mehr leisten, als dass in der Richtung von vorn nach hinten in regelmässiger Wiederkehr ein ganz kurzes, immer über die Breite zweier Querreihen ausgedehntes Schwanken oder Wogen der Spannungen, ein An- und Absteigen derselben, neu auftritt. Ebenso wird es sein, wenn wir die Verschiebung, mit Uebergehung einer grösseren Anzahl von Querreihen, blos die 1., 4., 7. oder die 1., 5., 9. Querreihe u. s. w. betreffen lassen, nur dass dann das Wogen der Spannungen auch über die Breite von 3 resp. 4 und überhaupt entsprechend mehr Querreihen sich erstrecken wird. Und wenn wir die 1. Querreihe gegen die 2., die 2. gegen die 3. Querreihe u. s. f. in der Weise verschoben setzen, dass die Verschiebung jedesmal einen anderen Bruchtheil der Cylinder-Länge beträgt, bis dann die 4. oder die 5. oder eine spätere Querreihe wieder der 1. Querreihe entspricht und nunmehr Alles wie vorhin sich wiederholt, u. s. w., so wird auch dadurch nur ein regelmässig wiederkehrendes Wogen der Spannungen der Oberfläche in einer Ausdehnung, welche dem Abstande der einander entsprechenden Querreihen gleichkommt, bewirkt sein. Daraus

folgt dann, dass bei unseren Bestimmungen der elektromotorischen Oberfläche, wenn die Berührungsflächen des unwirksamen Bogens den Abstand der einander entsprechenden Querreihen an Grösse übertreffen, von allem jenen Wogen ebensowenig etwas zur Beobachtung kommen wird, wie sich an der Vorrichtung Fig. 20 *A* das Wogen der Spannungen über jedem einzelnen Cylinder bemerklich macht: die mittlere Spannung, welche durch die Verschiebung der Querreihen bedingt ist, wird an beiden Berührungsflächen dieselbe sein, und hervortreten wird deshalb nur, gerade so wie bei der Vorrichtung Fig. 20 *A*, die Spannungsdifferenz, welche für die abgeleiteten Stellen durch den Strom gesetzt ist, der durch den umhüllenden feuchten Leiter von den freien Grundflächen zu den freien Mantelflächen der Cylinder fliesst[1]). Nun wird freilich bei unseren Zellen des Blattflügel-Parenchyms eine solche Regelmässigkeit in der Verschiebung der Querreihen gegen einander, wie wir sie eben bei den Metallcylindern voraussetzten, nicht gefunden, und wir sehen sogar öfters schon innerhalb zweier benachbarter Querreihen, in Folge der ungleichen Länge der Zellen, die Verschiebungen mehrfach an Grösse wechseln; aber in dem Wechsel der Verschiebungen besteht doch auch eine Regelmässigkeit, da derselbe überall in ohngefähr gleicher Weise sich wiederholt. Daher ist, wenn die grossen, viele Querreihen umfassenden Berührungsflächen unseres unwirksamen Bogens an zwei Stellen *A* und *B* des Blattes sich befinden, hinsichts der durch die Verschiebungen der Zellen bedingten mittleren Spannung eine sehr hohe Wahrscheinlichkeit dafür vorhanden, dass dieselbe bei *A* ebensogross ist wie bei *B*, oder dass sie doch bei *A* nur so wenig grösser oder kleiner ist als bei *B*, dass die dadurch bewirkte Spannungsdifferenz in die Fehlergrenzen unserer Bestimmungen fällt oder gar nicht in Betracht kommt gegenüber der anderen Spannungsdifferenz zwischen *A* und *B*, welche durch den Strom gesetzt ist, der

---

1) Vergl. für diese Betrachtungen: Helmholtz, Pogg. Annal. Bd. 89. 1853. S. 371 ff. — E. du Bois-Reymond, dies Archiv, 1863, S. 581 ff.

durch den die Zellenmasse umgebenden Leiter von den freien Polen zu den freien Mantelflächen der Zellen fliesst. Es schliessen somit die Verschiebungen der Zellen-Querreihen es gar nicht aus, dass nur zwei elektromotorische Flächen der einzelnen Parenchymzelle zukommen, da auch für diesen Fall die elektromotorische Oberfläche unseres Blattes, so genau sie uns bekannt geworden ist, in der dargelegten Weise sich ableiten lässt.

Was ich eben für die neben einander gelegenen Querreihen der Zellen des Blattflügel-Parenchyms entwickelt habe, das gilt natürlich dann erst recht für die in der Dicke des Blattes unter einander befindlichen Querreihen, da hier die durch die Zellen-Verschiebungen bedingten mittleren Spannungen an den Berührungsflächen, in Folge des wachsenden Abstandes der Querreihen von diesen Flächen, überhaupt kleiner als im ersten Falle sein müssen. Und dieselben Betrachtungen lassen sich endlich auch auf diejenigen Verschiebungen übertragen, welche sich an den Vertical- resp. Längsreihen der Zellen in den beiden Mittelrippen-Parenchymen zeigen, wenn es überhaupt der Mühe werth erscheint, von diesen Verschiebungen Notiz zu nehmen. So dass es, Alles zusammengenommen, sich herausstellt, dass es trotz der Verschiedenheiten, welche die Cylinderreihen der Vorrichtung und die Zellenreihen des Blattes in ihrer Anordnung darbieten, doch sehr wohl mit unserer Ableitung der elektromotorischen Oberfläche des Blattes sich vereinen lässt, dass die einzelne Parenchymzelle hinsichts ihrer Kräfte dem einzelnen Metallcylinder entspricht.

Wenn danach aber den beiden Möglichkeiten, welche in Frage stehen, auf Grund der vorliegenden Erfahrungen die gleiche Berechtigung zusteht, so können wir keinen Augenblick im Zweifel darüber sein, für welche Möglichkeit wir uns zu entscheiden haben. Eine zahlreiche Gruppe von elektromotorischen Flächen-Paaren für die einzelne Zelle angenommen, würden die elektrischen Kräfte an gleichartige kleine Theile des Zelleninhaltes geknüpft sein, an Theile, von welchen wir noch gar Nichts wissen, und deren weitere physiologische Untersuchung Schwierigkeiten begegnen müsste, die vorläufig ganz

unabsehbar sind. Dagegen haben wir an der Zelle selber einen morphologisch wohldefinirten Organismus, dessen Physiologie bereits in mancher Hinsicht uns bekannt ist, der der ferneren physiologischen Prüfung zugänglich ist, und an dem sich sogar die Frage nach der Quelle der elektrischen Kräfte auf begründete Voraussetzungen hin sogleich weiter in Angriff nehmen liesse. Unter diesen Umständen müssen wir offenbar, jede unnöthige Hypothese vermeidend, der näher liegenden Möglichkeit den Vorzug geben und, so lange nicht Thatsachen dagegen sprechen, die einzelne Parenchymzelle dem einzelnen Metallcylinder entsprechen lassen.

So sind wir zum natürlichen Abschlusse der lang ausgedehnten Untersuchung, deren Ergebniss jetzt mit zwei Worten zu sagen ist, gelangt und können die Frage, woher die elektromotorischen Wirkungen unseres Blattes stammen, einfach dahin beantworten: **Die ohngefähr cylindrischen Zellen des Blattflügel-Parenchyms und der beiden Mittelrippen-Parenchyme sind mit Kräften ausgestattet der Art, dass die positive Elektricität von der Mitte der Zelle nach jedem der beiden Pole hingetrieben wird, die Pole positiv sind gegen die Mitte.**

Mit diesem Erfolge verlassen wir das ruhende Blatt und wenden uns dem Studium zunächst der Bewegungen des Blattes zu.

§. 5. Von der Mechanik der Reizbewegung des Dionaea-Blattes.

Die Bewegungen unseres Blattes sind von zweierlei Art: Reizbewegungen und Resorptionsbewegungen. Die letzteren sind die selteneren und kommen für sich allein blos dann zur Beobachtung, wenn man irgendwo auf die obere Blattfläche, die sensiblen Haare ausgenommen, recht behutsam ein Stückchen Fleisch, Eiweiss u. dgl. auflegt. Alle sonstigen Bewegungen des Blattes sind Reizbewegungen. Ist nach der Reizbewegung ein Insekt, ein Stück Fleisch u. dgl. im Blatte verblieben, so schliesst sich an die Reizbewegung, doch deutlich von derselben geschieden, die Resorptionsbewegung an.

Bei der Reizbewegung vollzieht sich die Schliessung des Blattes sehr rasch nach der Reizung, längstens etwa in einer Minute, und zwar so, dass — für die Beobachtung ohne besondere Hülfsmittel — die beiden Blattflügel gleichmässig und überhaupt alle Theile des Blattes gleichzeitig sich bewegen. Das geschlossene Blatt hat, gleichviel wo die Reizung erfolgt ist, immer dieselbe bohnenartige Gestalt, indem die Blattflügel regelmässig nach aussen convex sind, und behält diese Form vom Momente der Schliessung an unverändert bei, bis es sich wieder öffnet. Die Oeffnung beginnt nach einigen Stunden und ist nach 24—36 Stunden vollendet: auch bei ihr bewegen sich die beiden Blattflügel gleichmässig und überhaupt alle Theile des Blattes gleichzeitig. Sobald die Oeffnung des Blattes begonnen hat, ist das Blatt wieder so, wie vorher, der Reizbewegung fähig, und selbst eine grosse Zahl von Reizbewegungen ist ohne merklichen Nachtheil für das Leben des Blattes[1]).

Bei der Resorptionsbewegung erfolgt die Schliessung des Blattes sehr langsam: sie beginnt sichtlich erst einige Stunden, nachdem die Ursache gesetzt ist, und schreitet ganz allmählich vor, so dass sie erst nach 1—2 Tagen vollendet ist. Dabei bewegen sich die beiden Blattflügel ungleichmässig und überhaupt alle Theile des Blattes ungleichzeitig, in Abhängigkeit von dem Orte des Angriffes, an welchem die Bewegung anhebt, und von welchem aus sie sich verbreitet. Die Gestalt des geschlossenen Blattes ist eine unregelmässige und vielfach verschiedene; jedenfalls wird stellenweise die Convexität der Blattflügel vermisst, die dort abgeflacht oder sogar concav erscheinen. Erst nach mehreren Tagen beginnt die Oeffnung des Blattes, und sie bedarf wiederum mehrerer Tage zu ihrer Vollendung; auch hier erfolgen die Bewegungen der verschiedenen Theile des Blattes ungleichzeitig, indem die bei der Schliessung vorangeeilten Theile bei der Oeffnung nachfolgen. Während das Blatt sich öffnet, ist dasselbe gar nicht oder nur sehr schwach der Reizbewegung wie der Resorptionsbewegung fähig. Oft

1) Ich habe die für meine Versuche am besten geeigneten Blätter wohl 30 Male und öfter zur Schliessung gebracht und sich wieder öffnen sehen.

schon mit der ersten, regelmässig aber mit der zweiten oder dritten Resorptionsbewegung geht das Blatt zu Grunde, indem es sich gar nicht mehr öffnet und abstirbt.

Schliesst sich an die Reizbewegung die Resorptionsbewegung an, so verliert das Blatt einige Stunden nach der Schliessung die Bohnenform, indem die convexen Blattflügel stellenweise sich abflachen oder sogar concav werden, und es nimmt so allmählich eine unregelmässige Gestalt an, besonders abweichend da, wo der Fremdkörper im Blatte gelegen ist. Tritt andererseits, nachdem die Resorptionsbewegung begonnen hat und eine Weile fortgeschritten ist, ein Anlass zur Reizbewegung hinzu, so vollführen diese Bewegung die bis dahin der Resorptionsbewegung fern gebliebenen Theile des Blattes so wie sonst, die vorher bewegten Theile aber nur unvollkommen; und indem später auch hier streckenweise die Convexität der Blattflügel sich verliert, wird die Gestalt des Blattes eine ebenso unregelmässige, wie beim vorigen Blatte. Beide Male verhält sich dann übrigens in der Folge das Blatt nicht anders, als wenn allein die Resorptionsbewegung vorläge.

Hrn. Darwin verdanken wir die Kenntniss der beiden Bewegungsarten des Blattes, die vorher confundirt worden waren. Fast Alles, was ich anführte, hat schon Hr. Darwin hier und da zerstreut angemerkt, und er hat besonders auch die Verschiedenheit der Ursachen und der Geschwindigkeit von beiderlei Bewegungen betont[1]). Trotzdem hat Hr. Darwin wie mir scheinen will, die beiden Bewegungsarten noch nicht genügend auseinandergehalten. In nichts Anderem stimmen dieselben mit einander überein, als dass es zu einer Schliessung und Oeffnung des Blattes kommt, in einer Aehnlichkeit also, die in der beschränkten Bewegungssphäre des Blattes ihre ausreichende Erklärung findet. Dagegen erweisen sie sich, wie ich sie eben zusammenhielt, in ihrem Auftreten ganz unabhängig von einander und durchaus verschieden in ihren Ursachen, ihrem Ablaufe, ihren Folgen für das Blatt. Man denke sich den Muskel eines lebenden Thieres ein Mal von einem Inductionsstrome

1) Ins. Pl. p. 294—5; 298; 308—9; 365.

durchsetzt, ein anderes Mal mit einer die Muskelsubstanz angreifenden Flüssigkeit bepinselt, und man hat in der Verschiedenheit der Muskelbewegungen ein Analogon für die Verschiedenheit der Blattbewegungen. Beide Male verkürzt sich der Muskel, denn seiner Constitution gemäss vermag er nur auf diese Weise den Angriff zu beantworten; aber, wie die Ursachen, so sind auch die Verkürzungen und die Folgen für den Muskel sehr verschiedene. Eine gewisse Aehnlichkeit werden die inneren Vorgänge im Muskel allerdings beide Male haben, weil eben dieselbe contractile Substanz mit ihren bestimmten Eigenschaften beide Male angegriffen ist, aber bei dieser Aehnlichkeit werden doch die inneren Vorgänge noch weit auseinandergehen. Ebenso werden die Vorgänge im Blatte bei beiderlei Bewegungen, soweit es sich um die betroffenen Gewebe, gewisse Veränderungen derselben und die Ausbreitung der Veränderungen handelt, dieselben sein können; im Uebrigen aber werden sie weit auseinanderfallen müssen, und zwar nicht etwa blos quantitativ, sondern auch qualitativ. Offenbar kommen bei der Reizbewegung nur die inneren Kräfte des Blattes zur Entwickelung, während bei der Resorptionsbewegung noch durch die Einwirkung von aussen chemische Veränderungen im Blatte gesetzt sind. Das geht schon zur Genüge aus der gegebenen Charakteristik der Bewegungen hervor, es ergiebt sich aber auch ausserdem noch daraus, dass Hr. Darwin bei der Resorptionsbewegung, nicht bei der Reizbewegung, an den Zellen der Scheibendrüsen die „Aggregation“ des Protoplasma's gefunden hat[1]). Und dasselbe lehren die elektrischen Erscheinungen am Blatte: im Gegensatze zu dem, was wir oben (S. 41) für den Fall der Reizbewegung an dem geschlossenen und sich wieder öffnenden Blatte fanden, zeigt das mittelst der Resorptionsbewegung in der Schliessung begriffene, geschlossene oder sich wieder öffnende Blatt die elektromotorische Oberfläche ganz anders beschaffen als das normale offene Blatt, in unregelmässiger, vielfach wechselnder Weise abweichend, den Strom zwischen den Mittelrippen-Enden häufig umgekehrt.

---

1) Ins. Pl. p. 299—300.

Nach Meyen[1]) und Hrn. Asa Gray[2]) sollen sich die Blattflügel unseres Dionaea-Blattes des Abends wie nach einer Reizung zusammenlegen und des Morgens wieder ausbreiten. Derartige Bewegungen habe ich nicht bemerkt, und ich möchte glauben, dass höchstens solche Lageveränderungen der Blattflügel statthaben, welche ohne feinere Hülfsmittel der Beobachtung leicht übersehen werden. Sind solche periodischen oder Variations-Bewegungen wirklich vorhanden, so geben sie eine dritte Art der Bewegungen des Dionaea-Blattes ab, die der Reizbewegung näher steht als die Resorptionsbewegung.

Die gesonderte Untersuchung, deren nach dem Gesagten die Resorptionsbewegung bedarf, habe ich nicht ausgeführt, und es ist in der vorliegenden Mittheilung überall, wo eine Bewegung des Blattes in Frage kommt, die Reizbewegung zu verstehen. Es ist demgemäss auch allein diese Bewegung, welche wir jetzt noch eingehender verfolgen wollen.

Als reizbare Theile des Blattes sind allgemein bekannt die Haare der oberen Blattseite, welche in der Regel zu dreien auf jedem Blattflügel sich finden. Ihnen sollte auch nach Edwards und Curtis (s. o. S. 3; 10) ausschliesslich die Reizbarkeit zukommen, und Berührung oder Pressung des Blattes an jeder anderen Stelle sollte wirkungslos sein. Dagegen schreibt schon Hr. Asa Gray nur hauptsächlich den Haaren und daneben noch der Mittelrippe die Reizbarkeit zu[2]), und deutlich weist Hr. Darwin auf die Existenz noch anderer reizbarer Theile hin. „The surface of the blade,“ sagt Hr. Darwin[3]), „is very slightly sensitive; it may be freely and roughly handled, without any mouvement being caused. A leaf was scratched rather hard with a needle, but did not close; but when the triangular space between the three filaments on another leaf was similarly scratched, the lobes closed. They always closed when the blade or midrib was deeply pricked or cut. . . . The footstalk is not

1) Neues System der Pflanzen-Physiologie. Bd. III. Berlin 1839. S. 545.

2) The Genera of the Plants of the United States. Vol. I. Boston 1848. p. 196.

3) Ins. Pl. p. 294—5.

in the least sensitive; a pin may be driven through it, or it may be cut off, and no movement follows.“ In der That ist die Reizbarkeit sehr weit über das Blatt verbreitet, und ihr Sitz lässt sich folgendermassen genauer bestimmen.

Abschneiden des Blattstieles führt, entsprechend Hrn. Darwin's letzten Worten, keine Bewegung am Blatte herbei. Ebenso erweist sich wirkungslos Durchschneiden des Zwischengliedes zwischen Blatt und Stiel, so lange nicht der eine Scheerenarm die untere Grenze der Blatt-Mittelrippe erreicht, wo unter der Epidermis der Oberseite die Verticalreihen der Parenchymzellen auftreten. Es bleibt ferner die Bewegung des Blattes aus, wenn man die Randstacheln abträgt, oder wenn man zugleich mit diesen den grösseren Theil der Wülste, welche die Stacheln entlassen, und zwischen den Randstacheln einen ganz schmalen Saum des freien äusseren Randes des Blattes abschneidet. Sonst aber bringt jeder Schnitt durch die Dicke des Blattes, gleichviel wie lang und wo, das Blatt zur Schliessung.

Leichter Druck auf das Blatt, wie er z. B. mit dem vorsichtigen Anlegen der Thonspitzen verknüpft ist, führt nirgends die Reizbewegung herbei. Dagegen genügt an der oberen Seite der Mittelrippe und, in der Ausdehnung des Blattflügel-Parenchyms, an der oberen Seite des Blattflügels überall schon ein etwas stärkerer Druck, um die Reizbewegung zu veranlassen. An der übrigen Blatt-Oberfläche ist selbst ein viel stärkerer Druck ganz wirkungslos, und nur wenn der Druck so wenig localisirt bleibt, dass die Blattflügel sichtlich einander genähert oder von einander entfernt werden, kommt es dann zur Schliessung. Ritzt man mit der sehr spitzen Nadel oder dem sehr scharfen Messer die obere Blattfläche innerhalb der angegebenen Grenzen, so geht das Blatt sofort zu; dagegen tritt keine Bewegung ein, wenn man ebenso an der übrigen Blatt-Oberfläche verfährt. Man muss von der unteren Seite des Blattflügels aus erst ziemlich tief und noch tiefer von der unteren Seite der Mittelrippe aus einstechen oder einschneiden, um Bewegung zu erzielen. Am äusseren Rande des Blattes und an den Randstacheln hat, wie gesagt, selbst Durchschneiden keinen Erfolg.

Aus diesen Erfahrungen geht klar hervor, dass die obere Partie des Blattflügel-Parenchyms und das obere Mittelrippen-Parenchym oder wenigstens dessen obere Partie die reizbaren Theile des Blattes sind. Und damit lässt sich die Reizbarkeit der Haare in innige Verbindung bringen. Das Haar zeigt auf einem kurzen knopfförmigen Vorsprunge des oberen Blattflügel-Parenchyms, der die Basis abgiebt, einen ca. 10 mal längeren conischen Aufsatz, der bis auf das Fehlen des Gefässbündels einem dünnen Randstachel gleicht. Das Gelenk an der verengten Stelle der Basis, von welchem Hr. Darwin spricht, und welches das Haar vor dem Abbrechen bei der Schliessung des Blattes schützen sollte[1]), existirt in der Wirklichkeit nicht; vielmehr ist nur am offenen Blatte die Basis des Haares steif, und sie erschlafft bei der Reizbewegung, so dass die verminderte Biegungsfestigkeit derselben dann das Umlegen des Haares gestattet. Man kann nun vom Haare mit einer feinen scharfen Scheere von der Spitze nach der Basis hin Stücke abschneiden, ohne die Reizbewegung hervorzurufen, bis man in die Nähe des knopfförmigen Vorsprunges des Blattflügel-Parenchyms gelangt, dessen Berührung sofort das Blatt zum Schliessen bringt. Auch gelingt es sehr gut, die oberen Partieen des Haares für sich allein zu biegen, ohne dass das Blatt sich bewegt; während jede ähnliche Biegung, jeder Zug, jede Zerrung des Haares, die einige Dehnung der Basis mit sich bringen, gleichviel ob der Angriffspunkt an der Spitze oder tiefer gelegen ist, zur Schliessung des Blattes führen. Von einer Reizbarkeit des ganzen Haares und von einer Leitung der Reizung von seiner Spitze aus[2]) kann sonach nicht die Rede sein. Sondern zweifellos ist allein reizbar auch am Haare, gerade so wie sonst, das obere Blattflügel-Parenchym, und es ist nur die Reizung am Haare dadurch erleichtert, dass man auf die betreffende Partie des reizbaren Parenchyms mittelst eines langen, freilich biegsamen Hebelarmes zu wirken im Stande ist.

Liess Hr. Darwin Wasser oder Zuckerlösung in Tropfen aus einiger Höhe auf die Haare fallen, so schlossen sich die

---

1) Ins. Pl. p. 288. 2) Darwin, Ins. Pl. p. 288; 314.

Blätter nicht; und ebenso blieb die Bewegung aus, wenn er mit möglichst grosser Kraft durch eine feine spitze Röhre auf die Haare blies. In dieser Wirkungslosigkeit der Flüssigkeiten, wie Luft und Wasser, gegenüber den festen Körpern ist nach Hrn. Darwin eine Eigenartigkeit der Reizbarkeit der Haare zu erkennen, der gemäss die Pflanze auch nicht zwecklos von Regenschauern und Windstössen afficirt werde[1]). Ich kann Hrn. Darwin aber hier nicht beistimmen. Bei meinen zahlreichen Bespritzungen der Töpfe habe ich es wiederholt gesehen, dass ein Wassertropfen, der an einem noch nicht benetzten Blatte gerade auf ein Haar fiel, das Blatt sofort zum Schlusse brachte. Ebenso ist es mir beim Anlegen der Elektroden öfters vorgekommen, dass ich, mit dem Munde dicht am Blatte, durch die lange zurückgehaltene und endlich kräftige Exspiration die Schliessung des Blattes herbeiführte. Freilich mag ich wohl andere Male ähnlich gespritzt und ähnlich exspirirt haben, ohne dass die Reizbewegung am Blatte eintrat. Aber das beweist eben nur, was wir schon vorher fanden, dass nicht jede Bewegung des Haares gleichwerthig ist. Einmal, als das Blatt nach dem Auffallen des Tropfens sich schloss, habe ich es geradezu beobachtet, wie das Haar unter dem Tropfen sich bis zur Basis hin beträchtlich bog; und nur eine unbedeutendere Biegung, die nicht solche Dehnung an der Basis des Haares herbeiführte, wird in den Fällen stattgehabt haben, in welchen das Blatt in Ruhe blieb. Es stimmt damit sehr gut, was Hr. Darwin fand[2]) und ich bestätigen kann, dass Eintauchen des Blattes in Wasser von ca. 20° C. das eine Mal die Reizbewegung veranlasst, das andere Mal nicht. Wo die Reizbewegung eintritt, folgt sie unmittelbar auf das Eintauchen, und die wechselnden Erfolge lassen sich ungezwungen damit erklären, dass die Biegungen der Haare beim Eintauchen bald grösser bald kleiner sind.

Neben Zug und Druck giebt noch einen weiteren Reiz für das reizbare Parenchym die Wasserentziehung ab. Wenn Hr. Darwin Blätter in eine concentrirte Zuckerlösung brachte,

---

1) Ins. Pl. p. 291—2; 365. 2) Ins. Pl. p. 292.

so schlossen sich dieselben rasch; und zwar ergab sich als Angriffspunkt der Lösung das Haar, da der gleiche Erfolg nur zur Beobachtung kam, wenn es gelang, einen Tropfen behutsam an das Haar zu bringen, nicht aber, wenn sonst die obere Blattfläche mit der Lösung bedeckt wurde[1]). Hr. Barleben und ich sahen regelmässig, mit nur zwei Ausnahmen unter zahlreichen Fällen, die Blätter sich schliessen, wenn wir sie in Alkohol versenkten; und ebenso kam es die beiden Male, dass ich den Versuch anstellte, bald zur Schliessung, wenn ich einen Tropfen concentrirter Kochsalzlösung von der Seite her an die Basis des Haares hatte heranfliessen lassen. Dass der Reiz an der Basis des Haares wirksamer sich darstellt, als anderswo, bietet für das Verständniss keine Schwierigkeiten, da die Parenchymzellen an der ersteren Stelle, in Folge der geringeren Dicke der Epidermis, dem Angriffe zugänglicher sind. Aber nach dem Vorausgeschickten könnten die Versuche überhaupt nicht eindeutig genug erscheinen. Ich will mich deshalb hier besonders auf die folgenden Erfahrungen stützen. Als ich im sehr trockenen Hochsommer v. J. nach einer kurzen Unterbrechung die Versuche wieder aufnahm, schlossen sich regelmässig in meinem Arbeitszimmer alle Blätter meiner Töpfe, sobald ich von den grossen, mit feuchtem Moose gefüllten Gefässen, in welchen die Töpfe zu mir geschafft waren, die übergestülpten Glasglocken entfernte. Die Erwägung des Uebelstandes, der die beabsichtigte Untersuchung geradezu verhinderte, ergab, dass nur die zur Zeit sehr grosse Verdunstung die Ursache der Erscheinung sein konnte: und in der That blieb die Erscheinung aus, nachdem ich durch Begiessen des Fussbodens den Gehalt der Zimmerluft an Wasserdampf wesentlich vergrössert hatte. Als ich später zur Controle das Begiessen des Fussbodens ausgesetzt hatte, trat die Erscheinung sogleich wieder ein.

Ich fand bei der Gelegenheit noch ein zweites Hülfsmittel, dem Uebelstande zu begegnen. Wenn ich nämlich die Glasglocke nicht auf ein Mal entfernte, sondern nach und nach in

1) Ins. Pl. p. 293.

Absätzen von der Unterlage abhob, so dass erst etwa nach 30 Minuten der Topf frei an der Luft stand, so kam es gleichfalls nicht zur Schliessung der Blätter. Für die Reizung ist danach offenbar nicht blos die absolute Grösse des reizenden Eingriffes von Bedeutung, sondern auch die Geschwindigkeit, mit welcher der Eingriff in der gegebenen Grösse erfolgt. Und dafür hatte ich auch schon andere Belege in Händen. Wenn man für die elektrische Prüfung der oberen Blattfläche die Thonspitze einigermassen rasch auf diese Fläche aufsetzt, so geht das Blatt in der Regel zu, noch ehe es zu einer guten Anlagerung der Thonspitze gekommen ist. Dagegen lässt sich, wenn man recht behutsam die Thonspitze heranbringt, nicht blos die gute Anlagerung erzielen, sondern auch ganz allmählich der Druck mittelst der Thonspitze noch ansehnlich steigern, ohne dass eine Bewegung des Blattes hervorgerufen wird. Wiederum hat eine verhältnissmässig rasche Verschiebung der Thonspitze auf der oberen Blattfläche, selbst bei nur eben genügender Anlagerung, stets die Reizbewegung zur Folge, während die langsame Verschiebung, selbst wenn sie ausgedehnter ist, das Blatt in Ruhe lässt. Endlich kann man mit sicherer Hand ein Haar, das man etwa in der Mitte seiner Länge berührt, ganz allmählich sehr beträchtlich biegen, ohne dass eine Spur von Bewegung am Blatte eintritt, während die rasche Biegung des Haares, auch bei geringerer Grösse, unfehlbar die Schliessung des Blattes erzielt.

Nach alledem sind *die oberen Partieen des Blattflügel-Parenchyms und das obere Mittelrippen-Parenchym oder wenigstens dessen obere Partie die reizbaren Theile des Blattes und werden gereizt, wenn ein mechanischer Angriff oder eine Wasserentziehung von gewisser Grösse und gewisser Geschwindigkeit dieselben trifft.* Ihre *Reizbarkeit* habe ich abhängig gefunden von der Lebensfülle des Blattes, von der Temperatur und von der Belichtung. Die im Frühjahre und gegen Anfang des Winters ausgebildeten kleinen Blätter bedurften eines grösseren Reizes, um zur Schliessung veranlasst zu werden, als die vollentwickelten Blätter des

Sommers und des Herbstes; und die letzteren waren wiederum, wenn sie einige Zeit einer niederen Temperatur ausgesetzt oder nahezu im Dunkeln gehalten waren, auffällig weniger reizbar als bei höherer Temperatur resp. guter Belichtung. Nach Hrn. Darwin's Erfahrungen würde die Reizbarkeit auch gesteigert sein durch die Resorption thierischer Substanz [1]) und herabgesetzt durch die Einwirkung von Schwefeläther-Dämpfen [2]). Nach andauernder Erschütterung der Töpfe, wie sie der Transport derselben (zu Fuss oder zu Wagen) vom Warmhause in meine ziemlich weit entfernte Wohnung mit sich brachte, habe ich die Reizbarkeit nicht merklich verändert gesehen. Dass am abgeschnittenen Blatte bei 25° C. die Reizbarkeit in etwa 2 Stunden erloschen ist, habe ich schon oben erwähnt; versenkt man das Blatt in kochendes Wasser, so ist sie innerhalb weniger Secunden vernichtet.

Im Falle niederer Reizbarkeit des Blattes, besonders an Blättern, welche niederen Temperaturen ausgesetzt oder schlecht entwickelt resp. heruntergekommen waren, habe ich übrigens auch eine Reizbewegung beobachtet, welche nicht zur völligen Schliessung des Blattes führt: die Blattflügel bleiben dann auf halbem Wege stehen, die Schliessungsbewegung erlischt, nachdem die Blattflügel um eine kleinere oder grössere Strecke einander näher gekommen sind. Solche unvollkommenen Schliessungen sind mir, wenn auch an sich öfters, doch im Verhältniss zu den völligen Schliessungen im Ganzen nur selten vorgekommen [3]). Es versteht sich, dass sie durch eine, bei der bestehenden Reizbarkeit zu schwache Reizung bedingt sind, und es ist nur eine Wiederholung der Reizung erforderlich, damit die völlige Schliessung eintritt. Von diesen Ausnahmefällen

---

1) Ins. Pl. p. 297—8; 364. Indess ist der Versuch S. 297—8 durchaus nicht beweisend, da bei der Entfernung des Eiweissstückchens aus dem unvollkommen geschlossenen Blattende sehr wohl eine mechanische Reizung der oberen Blattfläche stattgehabt haben kann.

2) Ins. Pl. p. 304—5.

3) Auch Hr. Sanderson hat, wie es scheint, unvollkommene Schliessungen gesehen und hält sie irrthümlich für den normalen Vorgang (Nat. p. 106. — Vgl. dazu Darwin, Ins. Pl. p. 311—2.).

sehen wir für gewöhnlich ab und lassen, wo Nichts besonders bemerkt ist, unsere Reizbewegung auch ferner mit der völligen Schliessung verbunden sein.

Wir gehen nunmehr an die genauere Betrachtung der Reizbewegung selbst.

Nach Hrn. Darwin erfolgt die Schliessung des Blattes in der Weise, dass die fast einen rechten Winkel mit einander bildenden Blattflügel sich einander nähern, indem sie sich zugleich in ihrer ganzen Breite etwas einwärts krümmen, und sich endlich mit ihren Rändern an einander legen; die Randstacheln kreuzen sich dabei in Folge der Einwärtskrümmung der Blattflügel, ohne dass sie selber gekrümmt werden, und der Winkel zwischen Blatt und Blattstiel bleibt unverändert[1]). Diese im Ganzen zutreffende Schilderung der Reizbewegung bedarf jedoch noch der Ergänzung.[2]) Am ganz offenen Blatte ist der Blattflügel, ohne die Randstacheln betrachtet, nach Art einer flachen Schale nach unten concav, und die Randstacheln stellen von der Mitte ihrer wulstigen Basis an steife gerade Verlängerungen seines äusseren Randes vor, derart dass gar nicht von einer Auswärtskrümmung und höchstens von einer spurweisen Einwärtskrümmung der Randstacheln die Rede sein kann. Denkt man sich vom Blattflügel einen Querschnitt hergestellt, der einen Randstachel unversehrt enthielte, so würde die lange Axe des Querschnittes im Randstachel-Wulste ihre Krümmung verlieren und weiter geradlinig als Axe des Randstachels sich fortsetzen, oder es würde wenigstens das äussere Ende der Axe des Blattflügel-Querschnittes mit der Randstachel-Axe einen nach oben concaven Winkel bilden, der nur wenig kleiner als 180° wäre. Bei der Schliessung gleicht sich nun, ohne dass eine merkliche Veränderung der Dimensionen des Blattflügels eintritt, die Concavität des Blattflügels mehr und mehr ab und

---

1) Ins. Pl. p. 305-6; 311; 313; 317; 356.

2) Vgl. Figg. 27 und 28 (Taf. I.). In Fig. 27 vom offenen, in Fig. 28 vom geschlossenen Blatte ist jedes Mal unter *a* ein Querschnitt, etwa in der Mitte der Länge des Blattes geführt, unter *b* ein Längsschnitt schematisch dargestellt. Ueber die inneren Linien und Punkte s. o. S. 72 Anm.

geht dann in eine zunehmende und schliesslich die anfängliche Concavität übertreffende Convexität nach unten über, so dass die Blattflügel des geschlossenen Blattes wiederum sich vergleichen lassen flachen Schalen, die jedoch jetzt etwas weniger flach sind und ihre Höhlung einander zukehren. Zugleich aber legen sich die Randstacheln an ihrer wulstigen Basis mehr und mehr nach der oberen Blattflügel-Fläche hin um, so dass sie am geschlossenen Blatte beträchtlich dieser Fläche zugeneigt erscheinen und ihre nunmehrige Lage, ausser der neuen Form der Blattflügel, auch noch ihrer eigenen Neigung verdanken. Denkt man sich am geschlossenen Blatte wiederum einen solchen Querschnitt, wie vorhin, vom Blattflügel hergestellt, so bildet jetzt das äussere Ende der gekrümmten Axe des Blattflügel-Querschnittes mit der geradlinigen Randstachel-Axe einen nach oben concaven Winkel, der nur etwa 120° beträgt. Hinzukommt dann noch als weitere Veränderung bei der Schliessung, dass die inneren Blattflügel-Enden sich einander nähern, so dass der Winkel, welchen dieselben mit einander bilden, von ca. 90° auf ca. 30° sich verkleinert. Sonach treten für die Schliessung des Blattes dreierlei Einzelbewegungen zusammen: 1. die Annäherung der inneren Blattflügel-Enden, 2. die Formveränderung der Blattflügel, 3. die Neigung der Randstacheln.

Wenn das geschlossene Blatt sich wieder öffnet, erfolgen dieselben Einzelbewegungen, wie bei der Schliessung des Blattes, nur in umgekehrter Richtung und mit ausnehmender Langsamkeit. Eben dieser Langsamkeit wegen thut man gut daran, die Einzelbewegungen zuerst am sich öffnenden Blatte zu verfolgen; ist man hier über sie in's Klare gekommen, so findet man sie bei der unvollkommenen wie bei der vollkommenen Schliessung des Blattes regelmässig wieder. In allen Fällen zeigt sich dabei, dass die dreierlei Einzelbewegungen durchaus gleichzeitig statthaben und hinsichts ihrer Grösse in einer constanten Beziehung zu einander stehen, indem einem gegebenen Oeffnungswinkel des Blattes immer eine bestimmte Form der Blattflügel und eine bestimmte Neigung der Randstacheln zugehört.

Der Hauptsitz der so gearteten Reizbewegung ist nach Hrn. Darwin die Mittelrippe (Ins. Pl. p. 293) oder nahe der Mittelrippe (p. 305; 356); aber er ist nicht auf diesen Theil beschränkt. Da die ziemlich dicken Blattflügel sich in ihrer ganzen Breite einwärts krümmen ohne Spur von Runzelung an ihrer oberen Fläche, scheinen die oberflächlichen Zellschichten an der ganzen oberen Fläche sich contrahiren zu müssen (p. 305; 316—7; 317). Doch ist der Hauptsitz der Bewegung offenbar die dicke Zellenmasse, welche über dem centralen Gefässbündel in der Mittelrippe liegt (p. 317; 356). Sobald die Contraction der oberen Fläche abnimmt, beginnen die Blattflügel sich zu trennen oder auszubreiten in Folge einer mechanischen Wirkung, welche die stets in einem Spannungszustande befindlichen mehrfachen Zellschichten an der unteren Blattfläche ausüben, wahrscheinlich mit Hülfe frischer Flüssigkeit, die in die Zellen hinein angezogen wird (p. 319—20). Die Contraction an der oberen Blattfläche hat Hr. Darwin an passend vorgerichteten Blättern unmittelbar constatirt: der Abstand zweier Punkte, welche in einer zur Mittelrippen-Axe senkrechten Linie gelegen waren, verringerte sich bei der Schliessung, wenn die Punkte an der Mittelrippe und zwar etwas zur Seite ihrer Axe gelegen waren, von 0·4318 Mm. auf 0·3810 Mm., und wenn die Punkte am Blattflügel sich befanden, von 2·032 Mm. auf ca. 1·905 Mm. (p. 317—8).

Wie man aus dieser Zusammenstellung aller hierhergehörigen Angaben von Hrn. Darwin ersieht, würde nach ihm die Contraction der oberen Zellschichten des Blattes die Schliessung, die Fortdauer der Contraction — man kann sagen, der Tetanus [1]) — derselben Zellschichten das Geschlossenbleiben, endlich die Streckung der unteren Zellschichten die Oeffnung

1) Hr. Darwin bemerkt auch (Ins. Pl. p. 319) in Bezug darauf, dass nach Reizung der Haare mittelst Zuckerlösung die Blätter länger geschlossen bleiben, als nach mechanischer Reizung: „this, I presume, is due to their having been strongly affected through exosmose, so that they continue for some time to transmit a motor impulse to the upper surface of the leaf.“

des Blattes bedingen. Aber diese Vorstellungen lassen sich insgesammt nicht halten.

Was zunächst die Oeffnung des Blattes betrifft, so können bei ihr unmöglich die unteren Zellschichten sich so activ und die oberen Zellschichten sich passiv verhalten, schon deshalb nicht, weil dann die Einwärtskrümmung der Blattflügel gar nicht verringert und aufgehoben werden würde; dafür muss ja die Ausdehnung der oberen Blattfläche mehr sich vergrössern als die der unteren Blattfläche, und das kann die Dehnung der oberen Zellschichten durch die unteren nicht leisten. Die Erfahrung, auf welche Hr. Darwin sich hier stützt, dass durch rasches Eintauchen offener Blätter in kochendes Wasser die Divergenz der Blattflügel etwas zunimmt, der Oeffnungswinkel des Blattes z. B. von 80° auf 90° wächst[1]), ist denn auch anders, als er will, zu deuten: es wirkt dabei nicht mechanisch der Spannungszustand der unteren Zellen, sobald die oberen Zellen getödtet sind und ihre Contractilität verloren haben[1]), sondern die unteren wie die oberen Zellen werden beide getödtet und verlieren ihre Turgescenz, und die neue Stellung der Blattflügel entspricht nur der Erschlaffung aller Gewebe. Auch offene Blätter, die am Topfe abgestorben sind oder aus unbekannten Gründen ihre Reizbarkeit und ihre Turgescenz verloren haben, bieten einen grösseren Oeffnungswinkel der Blattflügel dar, als die reizbaren, turgescenten Blätter. Geschlossene oder halbgeschlossene Blätter behalten beim Absterben, am Topfe wie im kochenden Wasser, die Einwärtskrümmung der Blattflügel bei, doch wird auch bei ihnen der Oeffnungswinkel der Blattflügel etwas vergrössert. Nur sehr selten habe ich bei Blättern, die geschlossen abgestorben waren, die Blattflügel nicht ein wenig divergiren sehen, aber auch da war die Biegungsfestigkeit der Mittelrippen-Gelenke deutlich verringert.

Ebensowenig kann die Schliessung auf einer Contraction und das Geschlossenbleiben auf einem Tetanus der oberen Zellschichten beruhen. Weshalb die constatirte Verkürzung gerade

1) Ins. Pl. p. 319—20.

eine Contraction sei, darüber hat sich Hr. Darwin selber gar nicht geäussert, und er stützt sich hier vermuthlich auf Hrn. Sanderson, der sich ausgedehnt darüber verbreitet hat. „I shall be able to show“, sagt Hr. Sanderson in seinem Vortrage in der R. Inst., „that the resemblance between the contraction of muscle and that of the leaf is so wonderfully complete that the further we pursue the inquiry the more striking does it appear. Whether we bring the microscope to bear on the structural changes which accompany contraction, or employ still more delicate instruments of research . . ., in order to determine and measure the electrical changes which take place in connection with it, we find that the two processes correspond in every essential particular so closely, that we can have no doubt of their identity.“ [1]) So bestimmt aber dieser Ausspruch lautet, so sicher ist er unrichtig.

Hr. Sanderson legt besonderes Gewicht auf die Uebereinstimmung der elektrischen Erscheinungen am Muskel und am Blatte, vor Allem darauf, dass beide Male die negative Schwankung des Ruhestromes bei der Verkürzung auftritt. Ich werde dem entgegen nachher darthun, dass bei der Schliessung des Blattes andere Veränderungen des Ruhestromes sich zeigen, als bei der Verkürzung des Muskels[2]). Aber selbst wenn dem nicht so wäre, könnte man Hrn. Sanderson nicht Recht geben; denn Nerv und Muskel stimmen in ihren elektrischen Erscheinungen noch viel mehr überein, als Muskel und Blatt, und doch wird Niemand auf Grund dieser Uebereinstimmung die beiden Vorgänge der Nerven- und der Muskelthätigkeit für identisch ausgeben mögen. Was weiter das Mikroskop Correspondirendes am Muskel und am Blatte aufdecken soll, beschränkt sich nach Hrn. Sanderson's Ausführung darauf, dass, wie bei der Verkürzung des Muskels jede kleinste Faser an der Formveränderung participirt, dasselbe bei der Verkürzung des Blattes vom Protoplasma der Zellen der contractilen Organe gelten soll. Dabei beruft sich Hr. Sanderson auf die Aggre-

---

1) Nat. p. 127. 2) S. unten §. 6.

gation, welche Hr. Darwin unter Umständen an Zellen der Drosera beobachtet hat, und eine solche Aggregation tritt an den Dionaea-Zellen, nach Hrn. Darwin's und meinen Erfahrungen, bei der Reizbewegung sicher gar nicht ein. Träte sie aber auch ein, die Uebereinstimmung zwischen Muskel und Blatt liesse sich dann doch im günstigsten Falle blos darin finden, dass die Veränderung des Ganzen resultirt aus der gleichartigen Veränderung aller das Ganze constituirenden gleichwerthigen Theile, und darum würden die Muskel- und die Blatt-Verkürzung nicht mehr identisch sein, als z. B. die Muskel- und die Kautschuk-Verkürzung. Was Hr. Sanderson für die Identität von Muskel- und Blatt-Verkürzung beigebracht hat, ist demnach Alles einfach zurückzuweisen.

Andererseits, wenn der Muskel sich verkürzt, nimmt er an Breite und Dicke zu: die sich verkürzenden Theile des Blattes dagegen verlieren zugleich an Länge und Breite, wie es die Schalenform der Flügel des geschlossenen Blattes erweist; und dass auch ihre dritte Dimension sich verkleinert, ist von vorne herein mindestens ebenso wahrscheinlich, wie dass dieselbe sich vergrössert. Der verkürzte Muskel besitzt ferner eine geringere Elasticität als der unverkürzte: versucht man dagegen am geschlossenen Blatte, durch Zug an den Randstacheln, die Blattflügel von einander zu entfernen oder ihre Krümmung aufzuheben, so brechen[1]) dieselben eher wie Glas, als dass sie der Rede werth nachgeben. Nach kurzem mechanischen Angriffe tritt wohl unter Umständen eine längere Zeit währende Verkürzung des Muskels ein, aber deren Dauer zählt doch nach Minuten: das Blatt bleibt nach dem gleichen Angriffe Stunden hindurch geschlossen. Selbst bei andauernder Reizung des Muskels lässt die Verkürzung desselben in Folge der Ermüdung nach: von solcher Ermüdung zeigt das Blatt in vielen Stunden keine Spur. Endlich, lässt die Verkürzung des Muskels nach, so vollzieht sich seine Verlängerung sehr bald bis zu der der Belastung entsprechenden Grösse: am Blatte erfordert die Oeffnung 24 Stunden und

---

1) Vgl. Darwin, Ins. Pl. p. 307—8.

mehr, und nicht nur das Gewicht der Blattflügel, sondern auch weitere Belastung ist ohne sichtlichen Einfluss auf ihren Verlauf. Soweit also zur Zeit die Muskel- und die Blatt-Verkürzung sich überhaupt vergleichen lassen, soweit weichen sie in allen Stücken von einander ab.

Bei der Reizbewegung des Dionaea-Blattes hat sich nur dasselbe wiederholt, was vorher die Reizbewegungen mehr zugänglicher Pflanzen betraf, dass man zunächst auf die Annahme einer Contraction nach Art derjenigen des thierischen Muskels verfiel; und die Verführung war allerdings bei der Dionaea um so grösser, als zugleich elektrische Erscheinungen wie am Muskel zur Beobachtung kamen und die Bewegung an einem Organe sich vollzog, dem überdies die thierische Verdauungsfähigkeit zuerkannt war. Aber, wie wir besonders durch Hrn. Brücke's[1]) und Hrn. Pfeffer's[2]) Untersuchungen wissen, sind es Vorgänge eigener Art, die mit der Muskelbewegung Nichts gemein haben, welche den Reizbewegungen der Blattstiele der Mimosa und der Staubfäden der Cynareen zu Grunde liegen; und nur dieselben Vorgänge sind es, welche an unserem Dionaea-Blatte wiederkehren. Setzt man den Gelenkwulst des primären Blattstieles der Mimosa nach Art unseres Blattflügels flächenhaft ausgebreitet und mit dessen eigenthümlicher Nervatur an der Stelle seines Holzkörpers ausgestattet, so erhält man in physiologischer Hinsicht unseren Blattflügel, nur mit der reizbaren Seite nach unten gekehrt. Und man gewinnt weiter im Wesentlichen unser Blatt, wenn man zwei derartig veränderte Gelenkwülste unter rechtem Winkel mit einander so verbunden denkt, dass das reizbare Parenchym der Wülste ununterbrochen über das Verbindungsstück hinwegzieht.

Trägt man an unserem offenen oder geschlossenen Blatte mit raschem Scheerenschnitte einen Blattflügel nahe der Mittelrippe ab, so schlägt der andere Blattflügel beträchtlich über die Stellung hinaus[3]), welche er am unversehrten geschlossenen Blatte zeigt, so dass der Winkel, welchen die inneren Blatt-

1) Dies Archiv, 1848, S. 434 ff.
2) Physiologische Untersuchungen. Leipzig 1873.
3) Vgl. Darwin, Ins. Pl. p. 306.

flügel-Enden mit einander bilden, kleiner als sonst wird, und nimmt zugleich eine wesentlich grössere Concavität nach oben an oder rollt sich sogar von den Rändern her etwas spiralig ein; auch die Neigung der Randstacheln gegen die obere Blattfläche wird grösser, als am normalen geschlossenen Blatte. Manchmal geht das so verstümmelte Blatt zu Grunde; wenn nicht, so macht der erhaltene Blattflügel dann ebensolche Veränderungen langsam durch, wie wenn das Blatt unversehrt sich öffnete, und hat nach 1—2 Tagen wieder die Stellung und Form, welche man sonst am nicht ganz offenen Blatte findet. Wird jetzt ein Haar des Blattflügels gezerrt, so tritt die nämliche Bewegung des Blattflügels ein, wie zuerst, als der andere Blattflügel abgetragen wurde. Schneidet man, statt eines ganzen, nur einen halben Blattflügel ab, so macht man dieselben Erfahrungen hinsichts des Ueberschlagens, des Aufrollens u. s. w. des unversehrten Blattflügels, aber natürlich nur in der Gegend, wo der zweite Blattflügel fehlt. Auch wenn man blos an einem unversehrten Blatte den einen Blattflügel zur Zeit der Reizung fixirt, so dass nur der andere Blattflügel sich bewegen kann, macht der letztere die in Rede stehenden Veränderungen durch und rollt sich dabei gewissermassen in die Höhlung des Blattes hinein. Ja, man findet die über das normale Mass hinausgehenden Schliessungsbewegungen des einen oder des anderen Blattflügels, wenigstens in den Anfängen, schon dann immer wieder, wenn man das zur mechanischen Reizung verwandte Instrument nicht rasch genug entfernt, so dass die regelmässigen Bewegungen der Blattflügel gestört sind. Dass der abgeschnittene ganze oder halbe Blattflügel und überhaupt jedes ausgeschnittene Stück des Blattflügels gleichfalls übermässig verändert erscheinen, versteht sich nunmehr von selbst: sie zeigen eine grössere Concavität nach oben und, wenn die Randstacheln erhalten sind, eine grössere Neigung der Randstacheln, als sie den betreffenden Bruchstücken am unversehrten geschlossenen Blatte zugekommen wären. Durch neue und nach beliebigen Pausen wiederholte Reizung tritt keine weitere Veränderung der Bruchstücke ein. Aber besonders bemerkenswerth ist, dass an diesen Bruchstücken, wie überhaupt überall, wo eine über-

mässige Schliessungsbewegung erfolgt ist, das Uebermass der Veränderung des Blattflügels oder Blattflügelstückes sich mechanisch gut ausgleichen lässt: unter langsamer Dehnung der oberen Fläche lassen sich die Theile immer ganz leicht bis nahe zu der Form zurückführen, die ihnen am normal geschlossenen Blatte zustehen würde, und schwerer bis etwas über diese Form hinaus dem offenen Blatte nähern; dann erst brechen sie gerade so, wie die Blattflügel des normal geschlossenen Blattes (s. oben S. 113). Es geht aus diesen Erfahrungen klar hervor, dass die Reizung für das Blatt einen neuen Gleichgewichtszustand herbeiführt, der durch eine wesentliche Erschlaffung und Verkürzung der oberen Schichten charakterisirt ist, und dass das Blatt auf dem Uebergange zu seiner neuen, dem neuen Gleichgewichtszustande entsprechenden Form durch das Zusammentreffen der Blattflügelränder etwa halbweges gehemmt wird; so dass die Schliessung des Blattes auf Reizung durch eine Erschlaffung und Verkürzung der oberen Schichten des Blattes zu Stande kommt, aber eben diese Schichten am geschlossenen Blatte doch für den nunmehrigen Gleichgewichtszustand des Blattes passiv verlängert, stark gedehnt und damit gespannt sich darstellen.

Mit der Verkürzung der oberen Schichten bei der Schliessung geht eine Verlängerung der unteren Schichten einher. Daraus, dass die Concavität des Blattflügels nach unten in eine Concavität nach oben übergeht, folgt allerdings nur, wie ich schon einmal andeutete, dass das Verhältniss der Ausdehnung der oberen und der unteren Fläche zu Gunsten der letzteren Fläche eine Veränderung erfährt: womit die absolute Vergrösserung oder Verkleinerung beider Flächen nicht ausgeschlossen ist. Aber der angegebene Sachverhalt ist schon Hrn. Darwin's Ermittelungen zu entnehmen. Denn Hr. Darwin hat nicht blos die absolute Verkürzung der oberen Fläche bei der Schliessung constatirt, sondern dieselbe auch so klein gefunden, dass sie an einem Blattflügel von 10 Mm. Breite nur eine Verschmälerung um ca. 0·6 Mm. bedingen würde[1]); und

---

1) Ins. Pl. p. 318. — S. oben S. 110.

danach kann, in Anbetracht der Dicke des Blattflügels und der Grösse seiner Formveränderung, von einer Verkürzung auch der unteren Fläche nicht die Rede sein, vielmehr ist für diese Fläche nur anzunehmen, dass sie um etwa ebensoviel sich vergrössert, wie die obere sich verkleinert. Dies lässt sich denn auch direct beobachten. Hat man an der unteren Fläche eines ganz geöffneten Blattes, etwa in der Mitte seiner Länge, mit Thon zwei Punkte markirt, welche in einer zur Mittelrippen-Axe senkrechten Linie gelegen und 3—4 Mm. von einander entfernt sind, so sieht man bei der Schliessung des Blattes ganz deutlich, dass die Punkte sich ein wenig von einander entfernen. Besonders schön aber und, ich möchte sagen, auffallend gestaltet sich die Wahrnehmung an solchen Blättern, die durch die Abtragung eines Blattflügels verstümmelt worden sind und sich wieder geöffnet haben. Markirt man hier ebenso zwei Punkte, das eine Mal an der oberen, das andere Mal an der unteren Fläche des erhaltenen Blattflügels, so kann es der aufmerksamen Beobachtung gar nicht entgehen, dass mit der Schliessungsbewegung der Abstand der Punkte im ersteren Falle sich verkleinert, im letzteren Falle sich vergrössert; ja, diese Veränderungen lassen sich in den meisten Fällen sogar durch Anlegen des Zirkels gut feststellen. In der Richtung von vorn nach hinten habe ich mir die Verkürzung der oberen und die Verlängerung der unteren Fläche nicht so sicher zur Anschauung bringen können, aber dieselben sind nach dem Vorermittelten schon dadurch ausreichend erwiesen, dass auch in dieser Richtung die Concavität des Blattflügels bei der Schliessung sich umkehrt.

Da die oberen Schichten bei der Verkürzung erschlaffen, kann die Verlängerung der unteren Schichten aller Wahrscheinlichkeit nach nur eine active sein; und das lehrt auch geradezu der Versuch. Hälftet man ein ausgeschnittenes, etwa rechteckiges Blattflügelstück seiner Dicke nach, wobei, wie die mikroskopische Untersuchung lehrt, die Nervatur in kurze Stücke zerfällt wird, die theils diesseits theils jenseits des schneidenden Messers liegen bleiben, so wird die obere Hälfte, indem die Schnittfläche sich ein wenig verlängert, noch etwas stärker

als vorher nach oben concav; die untere Hälfte aber giebt, unter ansehnlicher Verlängerung der Schnittfläche, die bisherige Krümmung ganz auf und streckt sich gerade oder wird sogar noch spurweise nach oben convex. Das Parenchym des Blattflügels ist also positiv gespannt gegen seine zu kurze Nervatur, es ist durch dieselbe comprimirt, und es verlängert sich, sobald es von dem Zwange befreit ist. Da nun am offenen Blatte die oberen Schichten des Parenchyms wohl noch mehr, wenigstens aber doch ebensosehr durch die Nervatur comprimirt sein müssen, wie die unteren Schichten, so versteht es sich, dass, sobald auf Reizung die oberen Schichten des Parenchyms erschlaffen, die unteren in Folge ihres Spannungszustandes sich soweit als jetzt möglich ausdehnen und desto mehr sich verlängern, je weiter sie von der Nervatur entfernt sind.

Wenn ich eben nur von den Parenchym-Schichten sprach und die Epidermis vernachlässigte, so hatte das seine guten Gründe. Legt man ein ausgeschnittenes Blattflügelstück in Wasser, so wird seine untere Fläche ein wenig länger, und seine Concavität nach oben nimmt etwas zu. Hälftet man ein Blattflügelstück der Dicke nach und bringt an jede Hälfte ein Tröpfchen Wasser, so sieht man beide Male eine rasche Aufsaugung des Wassers erfolgen und die Schnittfläche sich beträchtlich verlängern; die Concavität der oberen Hälfte nach oben wird dabei noch ansehnlich vergrössert, und die untere Hälfte nimmt eine deutliche Concavität nach unten an, die jedoch nie die Grösse erreicht, welche am frischen Blattflügelstücke die Concavität nach oben besass. Eine Runzelung der oberen oder der unteren Epidermis kommt in keinem der bisher besprochenen Fälle zur Beobachtung. Zieht man von einem frischen Blattflügelstücke auf eine längere Strecke die Epidermis ab, was ziemlich schwer an der oberen, leichter an der unteren Seite gelingt, so verkürzt sich die obere Epidermis sehr deutlich und ansehnlich, die untere nur undeutlich und spurweise; durch Wasser-Zusatz erfahren beide keine Veränderung. Trägt man, wiederum vom frischen Blattflügelstücke, die Epidermis zusammen mit einer dünnen Lage des benachbarten Parenchyms ab, so verhalten sich die Stücke, je nach-

dem sie der oberen oder der unteren Seite entnommen sind, sowohl frisch wie bei Wasser-Zusatz im Wesentlichen ebenso, wie entsprechend die isolirten Hälften des Blattflügelstückes, welche wir vorher betrachteten. Das Blattflügelstück selbst, welchem auf der einen oder der anderen Seite die Epidermis allein oder dieselbe mit der nächsten Parenchym-Lage entnommen worden ist, bietet in Krümmung und sonstigem Verhalten keine merkliche Abweichung von dem unversehrten Blattflügelstücke dar. Es ist also ganz klar, dass die Epidermis nur von untergeordneter Bedeutung bei der Schliessung sein kann. Wie das grosse Wasser-Ansaugungsvermögen, welches das Parenchym auszeichnet, der Epidermis abgeht, so fehlt ihr auch ganz das Ausdehnungsbestreben. Vielmehr erweist sich die Epidermis immer negativ gespannt gegen das Parenchym, und zwar ist die untere Epidermis selbst nach übermässiger Schliessungsbewegung nur schwach, die obere Epidermis dagegen schon am normal geschlossenen Blatte ziemlich stark passiv gedehnt. Demzufolge kann die Epidermis auch nicht mehr leisten, als dass sie die anderweitig veranlasste Formveränderung bei der Schliessung mit ihrer oberen Partie begünstigt, mit ihrer unteren Partie ein wenig erschwert.

Mit diesen Ausführungen ist es genügend begründet, wie ich oben S. 114 unseren Blattflügel mit dem Gelenkwulste der Mimosa verglich. Hier wie dort ist ein durch grosses Wasser-Ansaugungsvermögen und grosses Ausdehnungsbestreben ausgezeichnetes Parenchym positiv gespannt einerseits gegen die Nervatur in seiner Mitte, andererseits gegen die es umschliessende Epidermis. Beide Male ist nur Eine Seite des Parenchyms reizbar, ohne dass im Baue des reizbaren und des nicht reizbaren Parenchyms ein wesentlicher Unterschied bemerklich ist, und die Bewegung erfolgt nach der reizbaren Seite hin, so dass eine nach dieser Seite concave Krümmung entsteht. Beide Male kommt die Bewegung dadurch zu Stande, dass das reizbare Parenchym erschlafft und kürzer wird, das nicht reizbare Parenchym sich activ verlängert. Und bei dieser Uebereinstimmung kann es keinem Zweifel unterliegen, dass auch die

inneren Vorgänge bei der Erschlaffung und der Ausdehnung des Parenchyms beide Male dieselben sind.

Wie von verschiedenen Forschern schon vorher vermuthet worden ist und Hr. Pfeffer (a. a. O.) dargethan hat, tritt bei der Reizbewegung der Mimosa Flüssigkeit aus dem Inneren der reizbaren Parenchymzellen aus, wodurch der Turgor der Zellen, d. h. der hydrostatische Druck des Zellinhalts gegen die Zellmembran, und damit die Steifheit der Zellen sinkt; und ein guter Theil der ausgetretenen Flüssigkeit geht in das Parenchym der nicht reizbaren Wulsthälfte über. Diese Vorgänge werden also auch für den Blattflügel unserer Dionaea anzunehmen sein. Nur ein Uebertritt von Flüssigkeit auch in das Gefässbündel, wie er bei der Mimosa festgestellt ist[1]), scheint bei der Dionaea nicht zu erfolgen. Ich schliesse dies aus dem vollen Gegensatze, in welchem es zu den Erscheinungen bei der Mimosa steht, dass bei der Dionaea Durchschneidung des Zwischengliedes selbst ganz nahe der Blattbasis die Reizbewegung nicht herbeiführt, dass hier ferner an den so durchschnittenen Gefässen, auch wenn man dann durch Berührung eines Haares das Blatt zur Schliessung bringt, kein Flüssigkeitstropfen auftritt und dass hier endlich, wie schon Hr. Darwin ermittelt hat[2]), die Nervatur bei der Fortleitung der Reizung ganz unbetheiligt ist. Doch dies mehr beiläufig: die Wasserbewegung im Dionaea-Blatte verlangt eine eigene Untersuchung, welche ich nicht ausgeführt habe, und mit einer unvollkommenen Analyse auf Grund gelegentlicher Erfahrungen mag ich mich nicht aufhalten. Für unsere Zwecke genügt es zu wissen, worüber nach dem Vorausgeschickten kein Zweifel sein kann, dass auch bei der Dionaea die Erschlaffung des reizbaren Parenchyms durch einen Wasseraustritt aus den betreffenden Zellen zu Stande kommt. Wenn demgemäss diese Zellen nicht blos in Länge und Breite, wie es schon die Formveränderung des Blattflügels ergiebt, sondern, wie es auch Hr. Pfeffer an den gleichfalls cylindrischen Zellen der Cynareen-Staubfäden unmittelbar beobachtet hat, in allen Dimensionen

---

1) S. noch: Pfeffer, Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. IX. S. 308 ff.
2) Ins. Pl. p. 313—6.

sich verkürzen, so lässt sich, nachdem wir soweit nur den Blattflügel ohne die Randstacheln betrachtet haben, nunmehr die Mechanik der Reizbewegung des ganzen Blattes folgendermassen übersehen.

Wo auch immer der reizende Angriff das reizbare Parenchym trifft, immer pflanzt sich die Folge der Reizung sogleich über dieses ganze Parenchym fort, und dasselbe erschlafft. Mit der Erschlaffung des oberen Blattflügel-Parenchyms dehnt sich dann das untere Blattflügel-Parenchym aus und geht jeder Blattflügel aus der nach unten concaven Gestalt in die nach oben concave über. Mit der Erschlaffung weiter des oberen Mittelrippen-Parenchyms, das die inneren Enden der beiden oberen Blattflügel-Parenchyme verbindet, rücken diese Enden einander näher, unter Mitwirkung wiederum der activen Ausdehnung der beiden unteren Blattflügel-Parenchyme und wahrscheinlich zugleich der activen Ausdehnung des unteren Mittelrippen-Parenchyms; denn auch in dieses Parenchym wird ein Theil der aus den reizbaren Partieen ausgetretenen Flüssigkeit übergehen[1]). Endlich werden durch die Verkürzung des oberen und die Verlängerung des unteren Blattflügel-Parenchyms, in Folge der Verbindung der äusseren Enden dieser beiden Parenchyme mit dem Randstachel-Parenchyme (s. o. S. 79; vgl. Fig. 27*a* und Fig. 28*a*), die Randstacheln der oberen Blattfläche zugeneigt. Das Parenchym des äusseren Randes und das Randstachel-Parenchym sind bei der Reizbewegung unbetheiligt: nicht nur geht diesen Parenchymen die Reizbarkeit ganz ab, sondern es wird auch,

1) Ich glaube manchmal gesehen zu haben, dass die Krümmung der Mittelrippe sich bei der Schliessung spurweise verringerte; öfter habe ich Nichts der Art wahrgenommen. Sollte sich jene Verringerung constatiren lassen, so würde damit die Verkürzung des oberen und die Streckung des unteren Mittelrippen-Parenchyms in der Richtung parallel der Mittelrippen-Axe unmittelbar dargethan sein.

wenn man vom offenen Blatte den äusseren Rand bis zur Seite der Blattflügel-Parenchyme abschneidet, jede Spur einer Bewegung oder Formveränderung an den abgetrennten Theilen vermisst, selbst wenn man dieselben mit Nadel und Scheere zerlegt und in Wasser bringt.

Bei der Oeffnung des Blattes verhält sich natürlich Alles umgekehrt, wie bei der Schliessung: die vorher erschlafften und verkleinerten Parenchyme dehnen sich jetzt unter Wachsen des Turgor's und der Steifheit ihrer Zellen aus, und die vorher activ ausgedehnten Parenchyme werden jetzt comprimirt. Das Gewicht der Blattflügel spielt bei der Oeffnung keine Rolle; denn weder wird die Oeffnung merklich beschleunigt, wenn man die Belastung durch Drähte, die man an die Randstacheln hängt, vergrössert, noch wird sie merklich verzögert, wenn man das geschlossene Blatt in verkehrter Lage befestigt, so dass die Randstacheln sich zu unterst befinden. Aus dem langsamen Verlaufe der Oeffnung, die erst in 24 Stunden und noch später beendet ist, lässt sich entnehmen, dass die Flüssigkeits-Aufnahme von Seiten der reizbaren Parenchymzellen, zum Ersatze der vorher abgegebenen Flüssigkeit, nur sehr allmählich erfolgt und bei der Dionaea viel langsamer vor sich geht als bei der Mimosa. Damit könnte man es auch in Zusammenhang bringen, dass bei der Dionaea Stunden nach der Schliessung vergehen, ehe die erste Spur der Oeffnung sich bemerklich macht, indem man die Restitution erst nach Stunden beginnen liesse. Indess halte ich es für wahrscheinlicher, dass das lange Geschlossenbleiben darauf beruht, dass die reizbaren Parenchyme nach der normalen Schliessung, wie wir oben S. 116 sahen, trotz ihrer Verkürzung doch in Hinsicht auf den neuen Gleichgewichtszustand des Blattes passiv gedehnt zurückbleiben: der wiederanwachsende Turgor der reizbaren Parenchyme findet erst die Folgen dieser Dehnung (die übermässige Abnahme der Dicke der Zellen) auszugleichen, ehe er zur Compression der bei der Schliessung activ ausgedehnten Parenchyme vorschreiten kann.

(Schluss im nächsten Heft.)

Ueber die negative Schwankung des Muskelstromes bei der Zusammenziehung.

Von

E. du Bois-Reymond.

Dritte Abtheilung.[1])

§. XIX. Ueber die Betheiligung der parelektronomischen Strecke an der negativen Schwankung.

Am Multiplicator und mit polarisirbaren Elektroden, also ohne Möglichkeit einer Messung, hatte ich den Eindruck erhalten, als sei die negative Schwankung gleich gross, von wo sie auch ausgehe, d. h. gleichviel ob die Wirkung des ruhenden Muskels positiv, Null, oder negativ sei, oder gleichviel ob es um künstlichen oder um natürlichen Querschnitt in beliebigem Zustand des letzteren sich handele. Die Kraft der parelektronomischen Schicht schien bei der negativen Schwankung dieselbe Rolle zu spielen, wie die eines beständigen, dem Strome des ruhenden Muskels entgegenwirkenden Stromes. Daraus schloss ich, dass die Kraft der parelektronomischen Schicht bei der Zusammenziehung beständig bleibe, und dass diese Schicht also nicht theilnehme am Molecularmechanismus der Zusammenziehung.[2])

---

1) S. die erste und zweite Abtheilung dieser Untersuchung in diesem Archiv, 1873. S. 517—619; — 1875. S. 610—667. Sie werden im Folgenden als „I." und „II." angeführt.

2) Monatsberichte der Akademie. 1851. S. 396; — Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre u. s. w. 1857. Bd. II. S. 155; — Untersuchungen über thierische Elektricität. Bd. II. Abth. II. S. 145 ff. — Vergl. I. S. 535. 536. 548.

In dieser Folgerung lag damals keine besondere Unwahrscheinlichkeit, weil ich zugleich bewies, dass eine Schicht von verschwindender Dicke genüge, um die Parelektronomie zu erklären. Später zeigte sich an regelmässigen Muskeln, wo die Faserenden mehr der Untersuchung zugänglich sind, dass es nicht richtig ist, von einer unmessbar dünnen parelektronomischen Schicht zu reden, sondern dass es dort eine parelektronomische Strecke giebt, deren Länge mehrere Millimeter beträgt.[1])

Es wäre nun wohl nicht unmöglich, sich vorzustellen, dass negative Kräfte von einer parelektronomischen Strecke ausgingen, welche wie jeder andere Theil des Muskels sich zusammenzöge, und dass gleichwohl jene negativen Kräfte beständig blieben. Einzelne zwischen den peripolaren Gruppen vertheilte, säulenartig ihre Wirkung summirende dipolare Molekeln, welche an dem Molecularmechanismus der Zusammenziehung sich nicht betheiligten, würden dies leisten. Allein nach den neuen, in der ersten Abtheilung aufgedeckten Thatsachen wird die Schlussfolge überhaupt hinfällig, welche dazu geführt hatte, die Nichtbetheiligung der parelektronomischen Schicht an jenem Mechanismus anzunehmen. Zu dieser Vorstellung wäre ich nie gekommen, hätte ich schon damals gewusst, dass Zerstörung der parelektronomischen Schicht die negative Schwankung absolut vergrössert (s. I. S. 546).

Bis auf Weiteres ist jetzt vielmehr zu schliessen, dass die negative Kraft der parelektronomischen Strecke an der Schwankung theilnehme, jedoch in geringerem Maass als die positive Kraft des Gesammtmuskels. Ich sage des Gesammtmuskels, um die Möglichkeit einzubegreifen, dass auch in der parelektronomischen Strecke positiv wirkende Elemente enthalten sind, welche in gleichem Maasse, wie der übrige Muskel, an der Schwankung sich betheiligen.

Um hier sicher zu gehen, verfahren wir folgendermaassen.

Der in der Ruhe stattfindende Spannungsunterschied zweier passend gewählten Punkte der Muskeloberfläche, etwa eines Aequatorpunktes und eines Poles, bei fortgedachter negativer

---

1) Dies Archiv, 1863, S. 686.

Kraft der parelektronomischen Strecke, heisse M; der Spannungsunterschied derselben Punkte, wenn umgekehrt nur die negative Wirksamkeit der parelektronomischen Strecke in's Auge gefasst wird, heisse P. In Wirklichkeit ist also der Spannungsunterschied beider Punkte in der Ruhe

$$U_\varrho = M - P.$$

P kann $> M$ werden, wo dann der Muskel negativ wirkt. Darüber, um wieviel $P > M$ werden könne, fehlt es noch an Bestimmungen. Soll ich eine Schätzung aussprechen, so würde ich sagen, dass keinenfalls $P > 1{\cdot}5\ M$ gefunden werde.

Mit aM bezeichnen wir ferner den Spannungsunterschied derselben Punkte im Tetanus, abgesehen von der negativen Kraft der parelektronomischen Strecke, d. h. aM ist die mittlere Ordinate der Ktenoïde, welche den zeitlichen Verlauf der positiven Kraft des Muskels im Tetanus vorstellt, wenn nur diese Kraft in's Auge gefasst wird. Der Werth von a liegt erfahrungsmässig (s. I. S. 53) zwischen 0·6 und der Einheit. Ebenso bezeichnen wir mit αP den Spannungsunterschied derselben Punkte im Tetanus wegen der negativen Kraft der parelektronomischen Strecke allein, d. h. αP ist die mittlere Ordinate der Ktenoïde, welche den zeitlichen Verlauf der Kraft im Tetanus vorstellt, wenn nur die negative Kraft der parelektronomischen Schicht in's Auge gefasst wird. Der wirkliche Spannungsunterschied im Tetanus ist dann

$$U_\varrho = aM - \alpha P;$$

die negative Kraftschwankung wird gemessen durch

$$U_\varrho - U_\tau = (1 - a)M - (1 - \alpha)P.$$

Es handelt sich darum, α so bestimmen, dass 1. die Schwankung stets absolut negativ sei; 2. sie bei natürlichem Querschnitt absolut kleiner ausfalle, als bei künstlichem; 3. sie im Verhältniss zum Strom in der Ruhe dort grösser ausfalle als hier. Analytisch gestalten diese Bedingungen sich so, dass 1. $U_\varrho - U_\tau$ stets positiv bleiben, 2. durch Nullsetzen von P $U_\varrho - U_\tau$ wachsen, 3. $\frac{U_\varrho - U_\tau}{U_\varrho}$ dagegen dadurch abnehmen muss.

Wir haben zu wählen zwischen drei Möglichkeiten, 1. $\alpha = 1$,

was soviel heisst, wie dass die negative Kraft der parelektronomischen Strecke an der Schwankung nicht theilnimmt; 2. $\alpha = a$, was soviel heisst, wie dass sie in gleichem Maasse daran theilnimmt, wie die positive Kraft des Gesammtmuskels; und 3. $1 > \alpha > a$, was soviel heisst, wie dass sie zwar daran theilnimmt, jedoch in geringerem Maass als die positive Kraft. $\alpha < a$ würde bedeuten, dass sie stärker abnimmt, als die positive Kraft, endlich $\alpha > 1$, dass sie beim Tetanus zunimmt: Annahmen, zu welchen wir vorläufig keinen Grund haben.

I. $\alpha = 1$.

Früher hatte ich $\alpha = 1$ gemacht. Dadurch wurde $U_t = aM - P$, $U_\varrho - U = (1 - a)M$. Letzterer Ausdruck bleibt zwar stets positiv, aber er ist unabhängig von P. Dies entsprach meinen damaligen unvollkommenen Beobachtungen, widerspricht aber der zweiten jetzt aufgestellten Bedingung. Unter diesen Umständen kann es zu nichts helfen, dass

$$\frac{U_\varrho - U_\tau}{U_\varrho} = \frac{(1 - a)M}{M - P}$$

durch Nullsetzen von P abnimmt.

II. $\alpha = a$.

Setzen wir $\alpha = a$, d. h. lassen wir die negative Kraft der parelektronomischen Strecke in gleichem Maasse wie die positive Kraft des Gesammtmuskels an der Schwankung theilnehmen, so wird $U_\varrho - U_\tau = (1 - a)(M - P)$, d. h. die Schwankung ist dem ursprünglichen Strome proportional. Für $P < M$ ist zwar $U_\varrho - U_\tau$ positiv, wird aber für kleine Werthe dieser Ungleichheit kleiner als in Wirklichkeit. Für $P = M$ ist $U_\varrho - U_\iota = 0$, der wegen Parelektronomie stromlose Muskel bliebe es auch im Tetanus. Auch dies stimmt nicht mit der Erfahrung, wenigstens an der Bussole. Denn die unter diesen Umständen erfolgende secundäre Zuckung liesse sich noch immer durch die geringste Ungleichzeitigkeit in den Schwankungen der parelektronomischen Kraft und der positiven Kraft des Gesammtmuskels erklären. Allein für $P > M$ ist $U_\varrho - U_\tau$ negativ, d. h. der wegen Parelektronomie negativ wirksame Muskel

zeigte im Tetanus zwar relativ negative, aber absolut positive Schwankung. Durch Nullsetzen von P erscheint für $P = M$ überhaupt erst negative Schwankung, für $P < M$ wird sie absolut vergrössert, für $P > M$ verwandelt sich die absolut positive in eine absolut negative Schwankung. Endlich das Verhältniss der Schwankung zum Strom in der Ruhe ist das nämliche bei natürlichem wie bei künstlichem Querschnitt, denn man hat

$$(1 - a)\frac{M - P}{M - P} = (1 - a)\frac{M}{M}.$$

III. $\alpha > a$.

Dies also passt nicht. Schlagen wir nun aber einmal den Mittelweg zwischen meiner früheren und der letzten Voraussetzung ein, und setzen wir $1 > \alpha > a$, z. B. $\alpha = na$, wo $n > 1$, d. h. lassen wir die negative Kraft der parelektronomischen Strecke an der Schwankung in geringerem Maasse theilnehmen als die positive des Gesammtmuskels.

Alsdann wird

$$U_\varrho - U_\tau = (1 - a) M - (1 - na) P.$$

Dieser Ausdruck bleibt positiv, so lange

$$\frac{M}{P} > \frac{1 - na}{1 - a}.$$

P, mit dessen Wachsen die linke Seite abnimmt, wird nicht $< \frac{1}{1 \cdot 5}$, a, mit dessen Wachsen die rechte Seite wächst, nicht $< 0 \cdot 6$ (s. oben S. 125). Daraus folgt, dass n nicht kleiner als $\frac{11}{9}$ werden dürfe, soll die Schwankung absolut negativ bleiben. Doch zwingt uns nichts, n grösser anzunehmen, da es nur darauf ankommt, dass überhaupt $n > 1$ sei, damit die Proportionalität zwischen Schwankung und ursprünglichem Strom aufhöre.

Vernichten von P vergrössert sodann absolut die Schwankung, verkleinert dagegen das Verhältniss

$$\frac{U_\varrho - U_r}{U_\varrho} = \frac{(1-a)M - (1-na)P}{M-P},$$

denn für $n > 1$ ist dieser Bruch $> \frac{(1-a)M}{M}$.

Wie man sieht, stellt unsere Formel die Erscheinungen diesmal befriedigend dar. Die nächste Folge wird aber lehren, dass wir uns dabei noch nicht beruhigen dürfen.

§. XX. Von den beiden am unversehrten Muskel zugleich vorhandenen Arten der Nachwirkung, nämlich der **inneren** und der **terminalen** Nachwirkung.

Wer obigen Verhandlungen aufmerksam folgte, hat leicht bemerkt, dass die Auffassung, bei der wir im vorigen Paragraphen stehen blieben, dem Thatbestande noch nicht ganz entspricht. Ein Punkt ist dabei ausser Acht gelassen, durch den die negative Schwankung bei künstlichem Querschnitt, oder ohne parelektronomische Strecke, von der bei natürlichem Querschnitt, oder mit parelektronomischer Strecke, noch anders sich unterscheidet, als durch ihre bisher allein berücksichtigte absolute und negative Grösse. Dieser weitere Unterschied besteht in dem bei künstlichem Querschnitt sich zeigenden eigenthümlichen, langsamen, stockenden, ja von Rückschritten unterbrochenen Gange der Schwankung, verbunden mit der grösseren Stärke und Dauer der Nachwirkung.

Wie schon in der ersten Abtheilung gesagt wurde, sieht man bei natürlichem Querschnitt im Beginne des Tetanus den Faden im negativen Sinne vorwärts gehen, zurückweichen oder zucken, abermals weiter vorschreiten, zurückweichen, zum dritten Male vielleicht wieder weniger weit vorgehen, und nach öfterer Wiederholung dieses Spieles endlich nicht selten zwischen engen, bald etwas höheren, bald etwas tieferen Grenzen kurze Zeit hin und her schwanken. Hier würde es sehr wohl gelingen, einen mittleren Werth der Schwankung durch Compensation zu messen. Doch liegt hier nicht soviel daran, wie bei Anstellung des Versuches mit künstlichem Querschnitte, weil auch ohne Messung der Augenschein lehrt, dass die Schwankung oft den ursprünglichen Strom weit übertrifft, und den

Faden auf die negative Seite des Nullpunktes führt. Aus dieser fast beständigen Ablenkung kehrt nach beendigtem Tetanus der Faden meist nur sehr langsam zurück. Es hinterbleibt eine Nachwirkung, welche oft die Hälfte der Schwankung beträgt. Sie kann aber oberhalb einer gewissen Grenze jeden Werth bis fast zu dem der negativen Schwankung selber annehmen, mit anderen Worten, bei hoher Parelektronomie kommen Fälle vor, wo sich der Strom von der negativen Schwankung kaum erholt. Bei erneutem Tetanus erhält man dann nur sehr schwache, absolut negative, relativ positive Wirkung, obschon der Muskel sich noch ganz gut zu verkürzen scheint.[1])

Bei künstlichem Querschnitt zeigt sich von dem Allem nichts. Der Faden geht schnell und stetig zu einem viel grösseren absolut und relativ negativen Maximum, und kehrt sogleich, langsamer zwar, doch nicht minder stetig, zurück. Die schliesslich hinterbleibende Nachwirkung schätzten wir, so gut es anging, auf nur etwa $^1/_{10}$ der Schwankung, oder etwa 4 pCt. der ursprünglichen Stromkraft.

So werden wir zur Einsicht geführt, dass es zwei Arten der Nachwirkung giebt, welche am unversehrten Muskel zugleich vorhanden sind, von denen aber die eine mit dem natürlichen Querschnitte verloren geht.

Es giebt erstens eine Nachwirkung, welche die ganze Muskelmasse ergreift, und daher auch bei künstlichem Querschnitte wahrnehmbar ist. Sie ist es, welche Hermann Roeber

1) Beiläufig sei bemerkt, dass noch nicht untersucht ist, wie bei Anwendung eines leichten aperiodischen Magnetspiegels die negative Schwankung des Muskelstromes am lebenden Menschen bei willkürlichem Tetanisiren der Gliedmaassen sich gestaltet. Vielleicht wird dabei, wie auch bei elektrischem Tetanisiren der Gliedmaassen des Kaninchens, die negative Schwankung die soeben in Erinnerung gebrachte Beschaffenheit zeigen, welche dem vom natürlichen Querschnitt abgeleiteten Strom eigen ist. Wenigstens giebt sich im Versuch am Menschen stets sehr starke Nachwirkung kund (Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. II. S. 291). Am Kaninchen gelang es aus besonderen Gründen bei den älteren Versuchen nicht, die Nachwirkung zu beobachten (a. a. O. S. 347).

in seiner letzten Arbeit ausführlich untersuchte.[1]) Es gelang ihm, viel höhere Werthe dieser Nachwirkung zu beobachten, als sie in unseren Versuchen vorkamen, in welchen wir nur ausnahmsweise den Muskel zur Erschöpfung tetanisirten, denn mittels der statistischen Methode[2]) fand er die Kraft von Muskeln, die durch Strychnin- oder Pikrotoxin-Tetanus erschöpft waren, um 17, beziehlich 22 pCt. herabgesetzt. An Hrn. Ranke's Ergebnisse anknüpfend, welche er theils bestätigte, theils berichtigte, bewies Roeber, dass diese Nachwirkung auf der Säurung des Muskels beruht, die nach meiner Entdeckung die Zusammenziehung begleitet. Eine nur halbprocentige Milchsäurelösung, in Froschmuskeln gespritzt, setzte deren elektromotorische Kraft um fast 30 pCt. herab. Dies lehrt, eine wie kleine Säuremenge man nur anzunehmen braucht, um dadurch die Nachwirkung zu erklären. Andererseits erhöhte in Roeber's Versuchen eine halbprocentige kohlensaure Natronlösung, in Muskeln gespritzt, die durch Pikrotoxintetanus erschöpft waren, deren Kraft wieder um 11 pCt. Dies lehrt,

1) Dies Archiv, 1870. S. 633. — Dr. Hermann Roeber, geb. am 18. October 1842 zu Berlin, ward ein Opfer seiner Hingabe an das bedrohte Vaterland. Wegen schwächlicher Gesundheit zum Dienen nicht verpflichtet, betheiligte er sich freiwillig am Feldzug und machte als Assistenzarzt von der Belagerung von Strassburg bis zu den winterlichen Märschen im westlichen Frankreich den Krieg mit. Von dort brachte er eine Lungenerkrankung zurück, die ihn wenige Wochen nach seiner Heimkehr, am 27. April 1871, dahinraffte. Die Arbeiten, mit denen er die Jahrgänge 1869 und 1870 dieses Archivs bereicherte, zeigen besser als Worte, was die Wissenschaft an ihm verlor. Geborner Naturforscher, hatte er von seinem Vater, dem verdienstvollen Physiker und Mathematiker, die bezeichnenden Eigenschaften der deutschen physikalischen Schule geerbt: ideales Streben, unverbrüchliche Wahrheitsliebe, nüchterne Besonnenheit und ernsten Fleiss. Er jagte nicht nach des Tages vergänglicher Berühmtheit, sondern war still bemüht, dauernd Ruhmwürdiges zu schaffen. In einer Zeit, wo die reissend steigende Fluth wissenschaftlicher Production schnell auch über den höchsten Leistungen zusammenschlägt, wird Hermann Roeber's kurze Forscherlaufbahn von der Menge bald vergessen sein: seinen Freunden und Lehrern werden sein Talent, sein Charakter stets in liebevoll bedauernder Erinnerung bleiben.

2) Dies Archiv, 1867. S. 279 ff.

dass ein Säure neutralisirender Einfluss wirklich die Nachwirkung beseitigt, was deren Entstehung durch Säurung des Muskels ausser Zweifel setzt. Ich will diese Nachwirkung, zum Unterschiede von der anderen, gleich zu bezeichnenden, „innere Nachwirkung“ nennen.

Wenn aber Roeber auch die negative Schwankung selber und sogar deren in das Latenzstadium fallenden, secundäre Zuckung erregenden Theil auf Säurung des Muskels zurückführen wollte, so ging er meines Erachtens zu weit. Zugegeben, die Säure entstände plötzlich genug, um die Schwankung zu erklären, so ist erstens nicht bewiesen, im Gegentheil sehr unwahrscheinlich, dass bei einer einzelnen Zuckung Säure genug im Muskel entstehe, um die elektromotorische Kraft bis beinah auf Null herabzudrücken (s. II. S. 648). Zweitens bliebe dunkel, was aus dieser Säure werde, wenn ein paar Tausendstel Secunde später die Kraft fast ihre frühere Höhe erreicht. Wäre solche Säuremenge einmal da, der Muskel müsste todtenstarr werden. Drittens zeigt der Nerv negative Schwankung, und noch stärker als der Muskel (s. II. S. 651), ohne Säurung.[1]) Endlich viertens lehrt das Verhalten des Muskels bei natürlichem Querschnitt, dass neben der Säurung jedenfalls noch etwas Anderes im zuckenden Muskel vorgeht.

Es ist nämlich nun eine zweite Art der Nachwirkung zu unterscheiden, welche, da sie nur bei natürlichem Querschnitt stattfindet, ihren Sitz nothwendig an den Faserenden hat, und deshalb, im Gegensatz zur inneren Nachwirkung, „terminale Nachwirkung“ heissen soll. Auch diese der Säurung zuschreiben zu wollen, wäre ganz fehlerhaft. Wir wissen von der Säure nicht, dass sie an den Faserenden sich anhäuft, und wir sind nicht berechtigt, ihr eine andere Wirkung zuzuschreiben, als eine kraft- und widerstandvermindernde, nicht aber eine kraftvermehrende, geschweige eine nach dem Gesetze des Muskelstromes erfolgende selbständige elektromotorische Wir-

---

1) Ueber die angebliche Säurung der Nerven bei Anstrengungen vergl. die Zusammenstellung von Hrn. R. Gscheidlen in Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie u. s. w. 1873. Bd. VIII. S. 171.

kung. Durch die terminale Nachwirkung aber wird ein in der Ruhe unwirksamer Muskel negativ wirksam, ein negativ wirksamer stärker wirksam. Dies lässt sich nicht durch die Annahme erklären, dass die positive Kraft des ganzen Muskels abnehme, während die negative Kraft der parelektronomischen Strecke beständig bleibe, denn dann müsste die Nachwirkung bei künstlichem und bei natürlichem Querschnitte gleich gross sein. Jenes Verhalten lässt sich vielmehr nur dadurch erklären, dass am natürlichen Querschnitt in den Faserenden eine nach dem Gesetze des Muskelstromes mit umgekehrtem Zeichen wirksame, also negative elektromotorische Kraft entsteht, die zur positiven Kraft der parelektronomischen Strecke sich algebraisch summirt.

Wie man sieht, ist der Vorgang der negativen Schwankung auch am regelmässigen, aber unversehrten Muskel noch viel verwickelter, als er sich uns schon in unseren letzten Betrachtungen darstellte. Ehe wir dazu schreiten, ihn möglichst vollständig zu zergliedern, haben wir aber noch von einer wichtigen Beziehung Kenntniss zu nehmen, die sich hier geradezu aufdrängt.

§. XXI. Dass die terminale Nachwirkung gleich der Parelektronomie bei Herstellung künstlichen Querschnittes schwinde, wird durch unmittelbaren Versuch bewiesen.

Die terminale Nachwirkung besteht, wie wir wissen, darin, dass eine nach dem Gesetze des Muskelstromes mit umgekehrtem Zeichen wirksame, also negative Kraft, zur negativen Kraft der parelektronomischen Strecke hinzutritt. Diese neue negative Kraft hat zum Sitz die natürlichen Faserenden, d. h. das anatomische Substrat der Parelektronomie. Was nun stellt solche Kraft anders vor, als Verstärkung der Kraft der parelektronomischen Strecke, als Erhöhung der Parelektronomie? So werden wir fast unwillkürlich darauf geführt, dass vielleicht terminale Nachwirkung und Parelektronomie einerlei sind.

Ist dies richtig, so muss Herstellung künstlichen Querschnittes nach Tetanus grösseren positiven Kraftzuwachs be-

dingen als vorher. Nennen wir N_t, N_i die Beträge der terminalen und inneren Nachwirkung in einem gegebenen Augenblicke nach dem Tetanus. Stellt man künstlichen Querschnitt her, so geht der Spannungsunterschied $M - P - N_t - N_i$ über in $M - N_i$. Der Kraftzuwachs ist also $P + N_t$. Stellt man dagegen künstlichen Querschnitt her ohne vorläufigen Tetanus, so ist der Kraftzuwachs nur $P < P + N_t$. So sehr dies einleuchtet, so unmöglich scheint es beim ersten Blick, den Beweis zu führen, dass dem so sei. Denn der Versuch, wie er hier gedacht ist, setzt voraus, dass man an zwei Muskeln der Gleichheit von P gewiss sei. Wir beobachten aber vor Herstellung des künstlichen Querschnittes stets nur $M - P$, und aus Gleichheit der Wirkung zweier Muskeln mit natürlichem Querschnitt dürfen wir nur schliessen, dass $M - P = M_1 - P_1$. Um daraus zu entnehmen, dass $P = P_1$, müssten wir finden $M = M_1$. Nach dem Tetanus messen wir an dem einen Muskel aber nur $M - N_i$. Wir würden also im Ungewissen bleiben, abgesehen von der Unsicherheit, die von solcher mittelbaren Grössenbestimmung in diesem Gebiet unzertrennlich ist.

Um den verlangten Beweis zu führen, bedürfen wir also eines Verfahrens, um die Parelektronomie sicherer als bisher, wo möglich an demselben Muskel vor und nach dem Tetanus, zu messen. Dazu ersann ich die schon in der Abhandlung „Ueber den Einfluss körperlicher Nebenleitungen auf den Strom des M. gastroknemius des Frosches"[1] näher geschilderte Methode, die Parelektronomie nach dem positiven Kraftzuwachs zu schätzen, den ein mit ätzender Flüssigkeit, z. B. $\bar{L}$: HO : : 1 : 1, getränktes Fliesspapierscheibchen von stets derselben Grösse und Gestalt, dem Achillesspiegel angelegt, hervorbringt.

Man erinnert sich, dass das Verfahren seinen Zweck im Allgemeinen erfüllt, dass aber eine unerwartete und lehrreiche Verwickelung dabei auftritt. Bei gleicher Parelektronomie bringt das „Milchsäurescheibchen" um so grösseren Zuwachs hervor, je tiefer es dem Achillesspiegel angelegt wird.

1) Dies Archiv, 1871. S. 564 ff.

Der Grund hiervon ergab sich darin, dass die Muskelmasse für den Neigungsstrom des Achillesspiegels eine Nebenleitung bildet, welche um so mehr schwächend auf den Stromzweig im Bussolkreise wirkt, je grösser die Muskelmasse, am meisten also in der oberen, am wenigsten in der unteren Gegend des Spiegels. Legt man mehrere Scheibchen in gleicher Höhe nebeneinander an, so wirkt im Allgemeinen jedes folgende Scheibchen schwächer als das vorhergehende; doch tritt dies Gesetz sicher erst im Mittel mehrerer Versuche hervor.

Daraus ergab sich die Nothwendigkeit, hier folgendermaassen zu verfahren. In gleichen Zwischenräumen solcher Länge, dass die Scheibchen volle Wirkung üben, wozu bei verdünnter Milchsäure zwei Minuten genügen, legte ich dem Achillesspiegel des im Muskelspanner[1]) immobilisirten Gastroknemius in der Medianlinie von unten nach oben zu Scheibchen an, und verzeichnete die dadurch bewirkten, mit grosser Regelmässigkeit abnehmenden Kraftzuwachse des vom oberen Knochenstück und vom Sesamknorpel abgeleiteten Stromes. Dann tetanisirte ich den Muskel vom Nerven aus[2]) möglichst stark und lange, mass abermals die wegen der Nachwirkung verminderte Kraft, und legte darauf über dem höchsten vor dem Tetanus angelegten Scheibchen wieder ein Scheibchen an. Wirkte dies stärker als jenes, so hatte der Muskel durch den Tetanus an Parelektronomie

---

1) So nenne ich fortan, der Kürze halber, den auf S. 137 abgebildeten, bisher als „kleine Streckvorrichtung" bezeichneten kleinen Apparat. Vergl. Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. I. S. 67. Taf. I. Fig. 86. 87 *A* u. *B*.

2) Um den Muskel zur Erschöpfung zu tetanisiren, hätte ich besser bei offenem Bussolkreise die Schläge unmittelbar dem Muskel zugeführt. Dagegen sprachen aber dieselben Gründe, welche schon vor mehr als zwanzig Jahren bei meinen Forschungen über die Nachwirkung mich verhinderten, so zu verfahren, welche näher darzulegen ich aber auch heute noch nicht in der Lage bin (Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. II. S. 155.) Uebrigens erfüllte das mittelbare Tetanisiren seinen Zweck so, dass es nicht rathsam gewesen wäre, um etwas grösserer Wirkungen willen einen neuen Fehlerquell zu erschliessen.

zugenommen; denn blieb die Parelektronomie dieselbe, so hätte das höher angelegte Scheibchen schwächer als das letzte gewirkt. Der Sorge, dass mit mehreren Milchsäurescheibchen belegte Muskeln nicht zucken würden, ward ich bald enthoben. Meist thun sie dies noch ganz gut, und die negative Schwankung zeigt noch, wenn auch minder ausgeprägt, die ihr bei natürlichem Querschnitt zukommenden Eigenthümlichkeiten (vergl. oben S. 128. 129). So erhielt ich Reihen wie folgende, in denen die Zahlen Compensatorgrade bedeuten.

		Gastroknemius					
		I.		II.		III.	
			Zuwachs.		Zuwachs.		Zuwachs.
Ursprüngliche Kraft. . . .		+ 122		+ 413		+ 50	
Kraft nach Einwirkung der L̄-Scheibchen	1	211	89	519	106	333	283
	2	263	52	534	15	426	93
		Tetanus.		Tetanus.			
		237		468			
	3	318	81	585	117	481	55
						Tetanus.	
						403	
	4			600	15	484	81

In jeder dieser Reihen folgt dem Tetanus, ganz wie wir es erwarteten, ein stärkerer durch das aufgelegte Milchsäurescheibchen bewirkter Kraftzuwachs.

Bei der Regelmässigkeit, mit der sonst beim Auflegen der Scheibchen die Zuwachse von unten nach oben abnehmen, scheint es schon hiernach, als sei wirklich der Muskel durch das Tetanisiren parelektronomischer geworden. Es hätte verhältnissmässig wenig zu sagen, dass auch Fälle vorkommen, wo Tetanus den Zuwachs nicht vergrössert. Allein es giebt

einen anderen sehr gewichtigen Einwand gegen diese Versuche. Es ist unmöglich, zu beweisen, dass der Zuwachs, den ein nach dem Tetanisiren aufgelegtes Scheibchen erzeugt, nicht bloss deshalb grösser ausfällt, weil während der zwei Minuten, deren das Scheibchen bedarf, um seine volle Wirkung zu üben, die Nachwirkung sank. Jener grössere Zuwachs setzt sich, wenn unsere Vorstellung richtig ist, aus zwei Theilen zusammen, einem Theil *A*, der auf Zerstörung der ursprünglichen und der neugebildeten parelektronomischen Strecke, und einem Theile *B*, der auf Sinken der Nachwirkung im übrigen Achillesspiegel beruht. Man müsste *B* von *A* abziehen können, um zu beurtheilen, ob *A*, im Vergleich zu den ohne vorläufigen Tetanus bewirkten Zuwachsen, aus der Reihe falle. Wartet man aber, bis alle Nachwirkung verschwunden ist, so sind die Zuwachse, die man nun erhält, wegen allgemein verminderter Leistungsfähigkeit nicht mehr mit den früheren vergleichbar.

Geböte man über mehrere Gastroknemien, wie man dann und wann einen antrifft (s. oben S. 129), an denen die terminale Nachwirkung der negativen Schwankung fast gleichkommt, und welche nach dem Tetanus mit fast beständiger Kraft negativ wirksam bleiben: so liesse sich der Versuch mit den Scheibchen wohl anstellen, weil hier der auf Nachwirkung beruhende Theil *B* des nach dem Tetanus beobachteten Zuwachses verschwände. Es braucht kaum gesagt zu werden, warum die Fälle der Art, die sich zuweilen darbieten, nicht so verwerthbar sind. Hat man sie erkannt, so ist es zu spät dazu.

Es ist klar, die einzige Art, hier zum Ziele zu kommen, wäre Anwendung eines die Parelektronomie so schnell zerstörenden Verfahrens, dass während seiner Ausübung keine in Betracht kommende Abnahme der Nachwirkung stattfände. Solches Verfahren ist Berührung des Achillesspiegels mit einem heissen Körper.

Man denke sich einen Platindraht quer über den Achillesspiegel fort ausgespannt und dem Spiegel mit stets demselben leisen Druck anliegend. Eine stets dieselbe kurze Zeit hindurch geschlossene Kette, die galvanokaustische Kette

genannt, erhitzt bei gleicher Ableitung der Wärme den Draht stets auf denselben Grad. So verbrennt er in wenigen Secunden die berührte Stelle in gleicher Ausdehnung und in gleichem Grade. Diese Verbrennung, welche von Erhöhung der positiven Kraft des Muskels begleitet ist, muss sich im Versuch ebenso verwerthen lassen, wie die Anätzung durch Milchsäurescheibchen, wegen der Geschwindigkeit, mit der sie entsteht, aber frei vom Uebelstande sein, den wir letzterer vorwarfen.

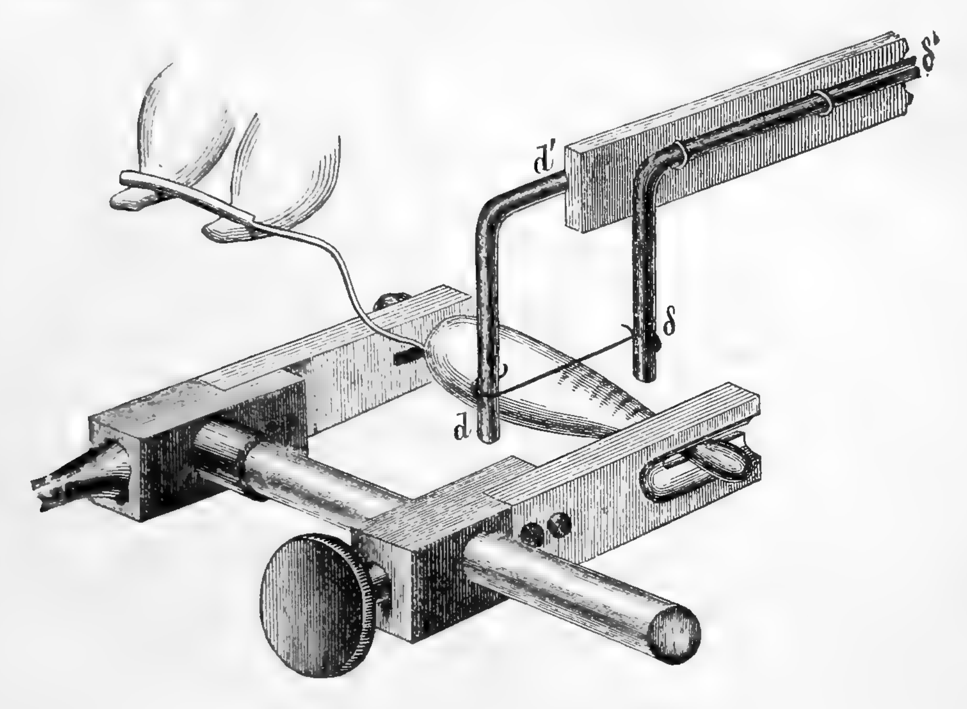


Fig. 1.

Vorstehende Figur zeigt, wie ich diesen Gedanken verwirklichte. Ein Gastroknemius war in dem Muskelspanner ausgestreckt, mit nach oben gekehrtem, möglichst wagerechtem Achillesspiegel. Man erkennt leicht in der Figur die beiden Elfenbeinplatten des Spanners. Zwischen ihnen erblickt man den Muskel, dessen Sesamknorpel diesseit des Schlitzes der vorderen Elfenbeinplatte erscheint, und dessen Nerv den Thonspitzen der unpolarisirbaren Zuleitungsröhren aufliegt, welche die tetanisirenden Schläge zuführten. Die Zuleitungsgefässe mit ihren Bäuschen und Thonschildern, welche den Muskelstrom abführten, sind fortgelassen. $d\,\delta$ ist ein an die Enden der 2 Mm. dicken Kupferdrähte $d\,d'$, $\delta\,\delta'$ gelötheter Platindraht von 25 Mm. Länge und 0·3 Mm. Durchmesser,

dessen Mitte auf dem Achillesspiegel ruht. Die Kupferdrähte laufen dem wagerechten Hebel $d' \delta'$ bis zu dessen Drehpunkt entlang und tauchen hier jeder mit verquicktem Ende in ein Quecksilbergefäss, von wo aus sie den Strom der galvanokaustischen Kette (einer Grove'schen Kette grösserer Art) erhalten. Im Kreise der Kette und des Platindrahtes befindet sich zwischen zwei Quecksilberrinnen eine Lücke, in welche die verquickten Enden eines durch ein Uhrwerk bewegten Kupferbügels, wenn das Uhrwerk ausgelöst ist, jedesmal 5″ eintauchen. Ein- nnd Austauchen des Bügels wird durch ein akustisches Signal angezeigt.

Geschehen alle Zuleitungen durch 2 Mm. dicke Kupferdrähte, so erglüht während des Kettenschlusses der Platindraht, und ruht dieser auf dem Achillesspiegel mit dem vollen Moment des wagerechten Hebels, so schneidet er den Muskel dabei glatt durch.

Die Erhitzung des Drahtes ist durch Einführung von Widerständen leicht zu regeln. Um auch den Druck auf den Spiegel zu beherrschen, läuft jenseit des Drehpunktes der Hebel in eine Stahlstange mit Laufgewicht aus. Ausserdem aber hatte ich vermöge der Länge des Hebels und seiner wagerechten Stellung den Druck beinahe unabhängig gemacht von der Höhe, in welcher der Gastroknemius den Draht trägt, wenn er verschiedenen Punkten der Muskellänge anliegt. Es lässt sich berechnen, dass bei dem 200 Mm. betragenden Abstande zwischen Drehpunkt und Mitte des Drahtes, horizontaler Stellung des Hebels und Erhebung oder Senkung des Drahtes um 2 Mm., wie sie höchstens vorkommen kann, der Druck des Drahtes nur um $\frac{1}{20000}$ sich ändert.[1])

---

1) Es heisse P das im Schwerpunkt S vereinigt gedachte Gewicht des Hebels. Der Draht ruhe auf dem Muskel mit seiner Mitte M. λ sei die Entfernung des Schwerpunktes, Λ die der Mitte des Drahtes vom Drehpunkte D. S liege über der Verbindungslinie DM, DM mache mit der Horizontalen den Winkel x, die Verbindungslinie DS den Winkel $\alpha + x$. Der Druck $\triangle$, den M in tangentialer Richtung auf den Muskel übt, ist

$$\triangle = P \cdot \frac{\lambda}{\Lambda} \cos(\alpha + x).$$

Indem so Druck und Temperaturerhöhung des Drahtes beherrscht werden, gelingt es zu erreichen, dass eine Berührung des Drahtes, während der Strom 5'' hindurchgeht, auf dem Achillesspiegel nur eine matte Strieme hinterlässt, und indem der Draht dann immer um 2—3 Mm. auf dem Spiegel aufwärts gerückt wird, kann der Spiegel wie mit einer Längentheilung bedeckt werden, deren Striche die Brandstriemen bilden (s. d. Figur). Sie erscheinen völlig gleichmässig, nur dass sie oben etwas länger werden, weil hier die Curve des Muskelumfanges, wegen grösseren Krümmungshalbmessers, mit dem tangirenden Draht in grösserer Strecke zusammenfällt.

Setzt man $\sin x = z$ und differenzirt man $\triangle$ nach z, so erhält man $\frac{d\triangle}{dz} = 0$ für $\alpha = -x$. Die Veränderung des tangentialen Druckes durch Veränderung der Höhe, in welcher der Muskel den Draht trägt, wird also am kleinsten, wenn DS wagerecht ist, wobei zugleich der tangentiale Druck am grössten, $= P \cdot \frac{\lambda}{\varDelta}$ wird. In Wirklichkeit konnte α vernachlässigt werden, statt DS wurde DM möglichst genau horizontal gemacht. Wurde dann beim Verschieben des Drahtes auf dem Achillesspiegel M um h gehoben oder gesenkt, so betrug die Verminderung des tangentialen Druckes

$$P \cdot \frac{\lambda}{\varDelta}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{h^2}{\varDelta^2}}\right).$$

Wie man sieht, nähert sich die Grösse unter dem Wurzelzeichen der Einheit, und der Werth des ganzen Ausdruckes folglich der Null, um so mehr, je grösser $\varDelta$ bei gleichem h. h konnte höchstens $= \pm 2$ Mm. sein, $\varDelta$ war 200 Mm. Daraus ergiebt sich die Aenderung des Druckes für die möglicherweise vorkommende Hebung oder Senkung zu höchstens $\frac{1}{20000}$.

Es lag nahe, die Glühvorrichtung, anstatt sie an einem Hebel beweglich zu machen, durch ein Gewicht nahe aufgewogen an Rollen aufzuhängen, und die unteren Enden $d\,\delta$ der Kupferdrähte unmittelbar in Quecksilber zu tauchen. Unter verschiedenen Gründen, welche hiergegen sprachen, ist vorzüglich der hervorzuheben, dass die Vorrichtung nach der Tiefe, bis zu welcher die Kupferdrähte in das Quecksilber tauchten, verschieden schwer wog. Bei der gewählten Anordnung ist die Schwankung der Tiefe, bis zu welcher die Drähte eintauchen, unmerklich.

Wie zu erwarten, bringt jede Brandstrieme einen positiven Kraftzuwachs hervor. Doch sind bei gleicher Parelektronomie die Zuwachse kleiner als mit den Milchsäurescheibchen, weil die Berührung des Drahtes, der Länge des Muskels nach gemessen, eine kürzere Strecke des Achillesspiegels in künstlichen Querschnitt verwandelt, als die Berührung des Scheibchens, die künstliche Neigungsstromkraft aber mit der Länge des blossgelegten künstlichen Querschnittes wächst. Aus der geringen Breite der Striemen im Vergleich zu den geätzten Stellen unter den Scheibchen erwächst aber der grosse Vortheil, dass man längs der Rückenfläche eines Gastroknemius viel mehr Striemen brennen, als Scheibchen anlegen kann.

Folgende Tabelle zeigt beispielsweise das Verhalten zunächst ohne Tetanus in einem vollständigen Versuche.

Ursprüngliche Kraft in Compensatorgraden . . . . + 44·2

	Brandstrieme	Kraftzuwachs.
Achillessehne . . .	I.	
	44·6	. . . + 0·4
	45·6	
Achillesspiegel . . .	II.	
	56·5	. . . + 10·9
	59·4	
	III.	
	67·8	. . . + 8·4
	70·4	
	IV.	
	77.5	. . . + 7·1
	79·4	
	V.	
	85·0	. . . + 5·6
	2 Minuten Pause.	
	89·0	
	VI.	
	94·0	. . . + 5·0
	95·4	
	VII.	
	99·6	. . . + 4·2
	99·8	

	VIII.	
	105·0	. . . + 5·2
	106·6	
	IX.	
	111·0	. . . + 4·4
	2 Minuten Pause.	
	115·0	
Rothes Fleisch . . .	X.	
	116·0	. . . + 1·0
	117·2	
	XI.	
	119·0	. . . + 1·8
	118·0	
	XII.	
	119·6	. . . + 1·6
	119·7	
	XIII.	
	111·4	. . . − 8·1

Die römischen Zahlen bezeichnen die folgweise von unten nach oben in etwas über 2 Mm. Abstand von einander vorgenommenen Verbrennungen. I. fand an der Achillessehne selber statt, II—IX. am Achillesspiegel, X—XIII. am rothen Fleische zwischen Achillesspiegel und Hauptsehne. Die beiden, gewöhnlich um 1—2 Einheiten im positiven Sinne verschiedenen Zahlen zwischen je zwei Verbrennungen sind die Kraft unmittelbar nach der vorhergehenden und unmittelbar vor der darauf folgenden Verbrennung. Die Verbrennungen geschahen in einem Zeitabstande von je zwei Minuten, während welcher die Kraft um jene Grösse stieg, erstens, weil sie häufig am Gastroknemius im Steigen begriffen ist, zweitens, weil die Wirkung der Verbrennung, obschon im Wesentlichen rasch beendigt, in geringem Maasse noch über die nächstfolgenden Minuten sich erstreckt. Jener Zeitabstand wurde zwischen zwei Verbrennungen gelassen, theils damit sicher Zeit bleibe zu kleinen Geschäften, deren Dauer sich nicht genau regeln lässt, als da sind das Rücken des Drahtes auf dem Muskel, das Corri-

giren der täglichen Variation, u. d. m.; theils, um in den nun erst folgenden wirklichen Versuchen das Tetanisiren bis zur Erschöpfung ausführen zu können, ohne die Periode der Versuche zu verändern. Zweimal in obiger Reihe, zwischen V. und VI. und zwischen IX. und X., ist aber eine Pause von 2 Minuten gemacht, um festzustellen, dass dies von keinem Einfluss auf die Grösse des Zuwachses ist, den die darauf folgende Verbrennung erzeugt: da man nämlich beim Tetanisiren, aus verschiedenen Gründen, die 2-Minuten-Periode nicht immer streng innehalten kann. Der Unterschied der beiden durch die längere Pause getrennten Zahlen ist natürlich grösser, als der bei kürzerer Pause.

Liegt der Draht der Achillessehne selber an, so ist oft der Zuwachs Null. Im vorliegenden Fall ist eine Spur davon da; vielleicht durch Strahlung des Drahtes nach den letzten Faserenden des Achillesspiegels zu bewirkt, da auf der Achillessehne der Draht durch Leitung und Verdampfung am wenigsten Wärme verliert, und da die Wirkung jener untersten Faserenden am wenigsten durch Nebenschliessung geschwächt wird.

Sobald man mit dem Drahte den Spiegel selber betritt, ist die Wirkung der Verbrennung verhältnissmässig sehr gross, sogleich aber nehmen auch die Zuwachse mit fast vollkommener Regelmässigkeit ab bis zu der für das Auge am unversehrten Muskel nicht sicher erkennbaren Grenze zwischen Achillesspiegel und natürlichem Längsschnitt. Das Ueberschreiten dieser Grenze spricht sich in unserem Versuche durch plötzliches Sinken des Zuwachses aus. Doch fahren, bis nah an die Hauptsehne, kleine positive Zuwachse zu erscheinen fort, möglicherweise weil auch hier noch einzelne Fasern am Perimysium enden, und erst ganz oben werden die Zuwachse negativ, wie es mit den Milchsäurescheibchen schon früher geschieht. Dies Negativwerden der Zuwachse erklärt sich bekanntlich so, dass die abgestorbene Stelle wegen der Säurung den in die Bussole sich ergiessenden Stromzweig durch Nebenschliessung schwächt.[2])

---

1) Monatsberichte der Akademie, 1872. S. 201. — Vergl. I. S. 558.

2) Dies Archiv, 1871. S. 570.

Uebrigens ist, wie man sieht, das Gesetz, nach welchem die Grösse des Zuwachses von der Höhe abhängt, in der die Verbrennung geschieht, ganz dasselbe, wie für die Milchsäurescheibchen. Natürlich überzeugte ich mich auch hier davon, dass die Abnahme des Zuwachses von unten nach oben unabhängig von der Reihenfolge ist, in der man die Grösse des Zuwachses an verschiedenen Stellen untersucht, mit anderen Worten, dass man Zunahme des Zuwachses erhält, wenn man mit den Verbrennungen von oben nach unten vorschreitet.[1]) Die Abnahme der Zuwachse von unten nach oben wäre vielleicht etwas geschwinder, wüchse nicht aus dem oben S. 139 erwähnten Grunde die Länge der Striemen nach oben zu. Eine längere Strieme, d. h. eine solche, welche einen grösseren Theil des Muskels umgiebt, wirkt in der That stärker als eine kürzere, wie mehrere in gleicher Höhe nebeneinander angebrachte Milchsäurescheibchen ihre Wirkung gegenseitig etwas verstärken.[2])

Wie schon gesagt, ist die Wirkung einer Verbrennung wenige Secunden nach dem Austauchen des die galvanokaustische Kette schliessenden Bügels so gut wie beendet. Lässt man den Draht an derselben Stelle liegen, und erhitzt ihn nochmals durch 5″ langes Schliessen der Kette, so ist die Wirkung stets sehr klein, und oft negativ. Lässt man aber die Kette länger geschlossen, so fährt die Kraft fort zu steigen. In einem Falle z. B. war die Reihe:

Ursprüngliche Kraft + 38·3

Brandstrieme		Kraftzuwachs
I.		
	49·5 . . .	+ 11·2
	53·1	
II.		
	60·5 . . .	+ 7·4
	62·0	
III. Der Draht bleibt liegen, bis kein Steigen mehr erfolgt.		
	98·5 . . .	+ 36·5.

1) Dies Archiv, 1871. S. 565. 566.
2) Ebenda, S. 566. 567.

Anstatt einer regelrechten Strieme fand sich diesmal eine ausgedehnte trockene, matte Stelle, in deren Mitte ein brauner Punkt den Anfang der Verkohlung verrieth. Endlich versteht es sich, dass man durch stärkeres Erglühen des Drahtes stärkere Zuwachse erhält.

Nach diesen Vorbereitungen konnte ich mit Sicherheit zum eigentlichen Versuche schreiten. Mitten in einer regelmässigen Reihe wie die oben mitgetheilte, wurde jetzt der Gastroknemius möglichst stark und dauernd tetanisirt. Der Tetanus führt den Faden weit in die negative Scalenhälfte, bis zu 250 ^{sc}. Mit der Zeit kommt ein Punkt, wo weder durch Verstärkung der Schläge, noch durch Hinabrücken mit den Thonspitzen am Nerven, der Faden in seiner auf- und abschwankenden negativen Ablenkung (s. oben S. 128) erhalten wird. Sein Sinken wird aber auch nicht beschleunigt dadurch, dass man zu tetanisiren aufhört. Es handelt sich also um schnell schwindende Nachwirkung. Bald wird das Sinken langsamer, zuletzt so langsam, dass es im Laufe von 5—10 Secunden kaum noch einem Compensatorgrad entspricht. Jetzt ist der Augenblick da. Man löst das Uhrwerk aus, und liest vor dem Eintauchen und nach dem Austauchen des Kupferbügels die Kraft ab. Stets findet sich der Zuwachs grösser als bei der letzten Verbrennung. Da man, um einen sicheren Vergleichspunkt zu gewinnen, immer erst mehrere Verbrennungen von unten nach oben zu vornimmt, ist die Zunahme des Zuwachses absolut nur klein. Sie ist aber relativ beträchtlich, denn meist erscheint der Zuwachs mehr als verdoppelt. Fährt man im Versuche fort, so zeigt sich oft auch der durch die folgenden Verbrennungen erzeugte Zuwachs vergrössert. Nebenstehende Tabelle giebt ein Bild solcher Versuche.

Diese Tabelle lehrt, dass es diesmal unmöglich ist, wie im Falle der Milchsäurescheibchen, die durch den Tetanus bewirkte Vergrösserung des Zuwachses allein auf Rechnung schwindender Nachwirkung zu bringen. Denn in Reihe I z. B. beträgt der Zuwachs durch die vierte, unmittelbar nach dem Tetanus vorgenommene, binnen höchstens 10 Secunden ihre Wirkung übende Verbrennung 12·6 ^{cgr}; der Zuwachs we-

	Gastroknemius					
	I.		II.		III.	
Brand-strieme.	Ursprüngliche Kraft	Kraftzuwachs.	Ursprüngliche Kraft	Kraftzuwachs.	Ursprüngliche Kraft	Kraftzuwachs.
	+ 21·6		+ 80·5		+ 75·0	
I.						
	29·5 . . .	+ 7·9	85·6 . . .	+ 5·1	84·8 . . .	+ 9·8
	29·3		86·2		83·8	
II.						
	34·0 . . .	4·7	90·0	3·8	91·3	7·5
	35·0		89·3		90·3	
III.						
	40·0 . . .	5·0	93·2	3·9	96·6	6·3
	Tetanus		Tetanus.			
	28·0		55·5		95·7	
IV.						
	40·6 . . .	**12·6**	64·0	**8·5**	102·0	6·3
					Tetanus	
	48·0		67·0		64·6	
V.						
	56·0 . . .	**8·0**	70·5	3·5	73·0	**8·4**
	Tetanus					
	50·0		73·0		78·6	
VI.						
	58·3 . . .	**8·3**	76·0	3·0	86·2	**7·6**
	61·0					
VII.						
	66·3 . . .	**5·3**				

gen schwindender Nachwirkung während der zwölfmal längeren Zeit bis zum Beginne der fünften Verbrennung nur 7·4. Da die Nachwirkung sinkt, wären freilich nicht $12 \times 12{\cdot}6 = 151{\cdot}2$ cgr Zuwachs zu erwarten gewesen, wenn die erste Zunahme allein auf schwindender Nachwirkung beruhte, aber doch sicher eine grössere Zahl als 12·6, während eine kleinere beobachtet

wurde. Dieselbe Betrachtung kehrt in jedem einzelnen Falle wieder.

Ich bemühte mich, dem Versuch auch noch die Gestalt zu geben, dass ich bei compensirtem Strom am ruhenden Muskel die Ausschläge durch die Verbrennungen in Scalentheilen ablas, und auf der Höhe des Tetanus eine Verbrennung vornahm, welche einen grösseren Ausschlag liefern sollte. Ich stiess aber dabei auf die Schwierigkeit, dass ich den Muskel nicht stark genug spannen konnte, um ihn im Tetanus unbeweglich zu machen, weil dann die Brandstriemen unregelmässig klafften und der Muskel dort einriss. Durch die Gestaltveränderung beim Tetanus wurde der Draht in die Höhe geschnellt und kam an eine unrichtige Stelle zu liegen; suchte ich ihn erst während des Tetanus anzulegen, so verschob er sich bei dessen Nachlass. Ausserdem aber schien in den Versuchen, welche trotz diesen Schwierigkeiten einigermaassen gelangen, während des Tetanus die Verbrennung nicht gehörig auf Erhöhung der Stromkraft zu wirken. Dies macht auf einen weiteren Fehler des Versuchsplanes aufmerksam. Durch Herstellung künstlichen Querschnittes wächst die negative Schwankung, und der positive Zuwachs wegen aufgehobener Nachwirkung muss zum Theil dadurch aufgewogen werden.

§. XXII. Einerleiheit und gemeinsamer Ursprung von Parelektronomie und terminaler Nachwirkung aus der lebendigen Kraft der am Querschnitt brandenden Zuckungswelle werden wahrscheinlich gemacht.

Wie dem auch sei, die vorigen Versuche lassen keinen Zweifel daran, dass die terminale Nachwirkung mit der Parelektronomie in ihren wesentlichen Zügen übereinstimmt. Wie so oft, wenn man meint, etwas verstehe sich von selber, irrte ich mich also, als ich in der zweiten Abtheilung des zweiten Bandes meiner „Untersuchungen“ sagte: „Es versteht sich von „selber, dass die Erscheinung der Nachwirkung des Teta„nus nichts zu schaffen hat mit dem parelektronomischen Zu„stande“, und ebenda S. 157: „Die oben erwähnte Frage nach

„der wahren Bedeutung der Nachwirkung, ob sie beruhe auf „einer Verminderung der elektromotorischen Kraft des Muskels „mit Ausschluss der parelektronomischen Schicht, oder auf einer „vorübergehenden Erhöhung der Kraft dieser Schicht allein, ist „zu Gunsten der ersteren Ansicht zu entscheiden.“ Der erstere Ausspruch ist falsch, der zweite dahin zu ändern, dass beide darin aufgestellte Möglichkeiten in Wirklichkeit zugleich stattfinden; indem erstere Möglichkeit durch die innere, letztere durch die terminale Nachwirkung verwirklicht wird. Um dies sicher behaupten zu können, waren freilich noch zwei Jahrzehnde tiefgehender Forschung nöthig.

Jetzt kann die Frage nur noch sein, ob auch die gewöhnliche Parelektronomie, deren Ursprung uns bisher unbekannt war, als Nachwirkung während des Lebens geschehener Zusammenziehungen zu deuten sei. Von vorn herein erscheint diese Vorstellung gerechtfertigt. Der einzige Unterschied, den wir zwischen Nachwirkung und Parelektronomie noch kennen, besteht in grösserer Flüchtigkeit der Nachwirkung auf ihren höheren Stufen. Allein dieser Unterschied ist nur ein gradweiser. Wie schon gesagt, kommen alle möglichen Stufen der Nachwirkung bis zu solcher Höhe vor, dass der Strom gleichsam sich nicht aus der negativen Schwankung erholt.

Wenn es richtig ist, dass Parelektronomie nichts ist, als terminale Nachwirkung, so ist also jetzt die nächste Frage, warum unter Umständen die Nachwirkung nachhaltiger sei als sonst. Ursprünglich hielt ich bekanntlich die Kälte für Ursache der Parelektronomie, weil ich die Erscheinung zuerst an den Muskeln erkalteter Frösche wahrnahm, und weil Erkaltung lebender Frösche ein sicheres Mittel abgiebt, sie herbeizuführen. Es blieb aber räthselhaft, weshalb dies nicht auch mit ausgeschnittenen Muskeln gelang. Als ich zu der neuen, hier mitgetheilten Einsicht gelangt war, durfte ich glauben, zugleich auf den Grund gestossen zu sein, weshalb es nicht gelinge, ausgeschnittene Muskeln durch Erkaltung parelektronomisch zu machen. Nichts schien klarer, als dass es in diesem Fall an den nöthigen Zusammenziehungen fehle. Ich hoffte aber nun, dass es mir an tief erkalteten Muskeln glücken würde,

die Nachwirkung regelmässig als Parelektronomie sich fixiren zu sehen.

Zuerst verfuhr ich nur wie gewöhnlich an Muskeln eiskalter Frösche. Als hier jeder auffallende Erfolg ausblieb, glaubte ich, dies liege vielleicht daran, dass die Muskeln zu warm wurden, bis ich sie in den Bussolkreis brachte und tetanisirte. Da ich nicht mit allen meinen Vorrichtungen in die Kälte mich begeben konnte, vergrub ich bei Winterkälte von 4—5° C. Frösche in Schnee, denen ich am Rücken ein Zinkelektrodenpaar angebracht hatte, und tetanisirte sie, dem Erfrieren nahe, zur Erschöpfung auf die früher von mir beschriebene Art.[1]) Jetzt musste es doch gleichgültig sein, ob die Muskeln im warmen Zimmer untersucht wurden, da der blosse Aufenthalt der Muskeln in der Wärme an der einmal entstandenen Parelektronomie nichts ändert.[2]) Allein auch so erhielt ich keinen ungewöhnlichen Grad von Parelektronomie. Der Einfluss der Kälte auf Entstehung der Parelektronomie erscheint überhaupt zweifelhaft, seit auch die Muskeln von Warmblütern parelektronomisch gefunden wurden.[3])

Die Ursache, weshalb unter gewissen Umständen die terminale Nachwirkung sich als Parelektronomie gleichsam fixirt, bleibt uns also vorläufig unbekannt. Dagegen lässt sich über die Entstehung der terminalen Nachwirkung selber eine Vermuthung aufstellen.

„Man kann sich . . . denken," sagte ich schon vor zwölf Jahren in der Abhandlung „Ueber das Gesetz des Muskelstromes", „dass gewisse Vorgänge, die sich bei der Verkürzung „von der gereizten Stelle im Muskelbündel fortpflanzen, in „dessen Verlaufe keine Spur hinterlassen, weil in jeder Quer-„scheibe[4]) die Störung auf Kosten der folgenden Scheibe sich

1) Monatsberichte der Akademie, 1859. S. 315.

2) Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. II. S. 135. 136.

3) Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. II. S. 123. — Vergl. dies Archiv, 1871. S. 599.

4) Es versteht sich, dass das Wort „Querscheibe" hier geometrisch, nicht histologisch genommen ist, d. h. nicht, um damit, wie es seitdem

„ausgleicht, dass aber am Ende des Bündels eine veränderte „Anordnung hinterbleibt, weil hier die Möglichkeit jener Aus-„gleichung fehlt“.[1])

Bei Betrachtung der in der Muskelfaser fortschreitenden Zuckungswelle muss man in der That fragen, was denn aus ihr werde, wenn sie an's Faserende gelangt. Zurückgeworfen wird sie nicht, sondern Welle um Welle erlischt scheinbar spurlos am Muskelquerschnitt. Die in diesen brandenden Wellen enthaltene lebendige Kraft kann nicht verschwinden. Hr. Bernstein neigt zur Annahme, dass sie Wärme werde.[2]) Es ist aber gewiss keine unberechtigte Vermuthung, einen Theil davon in die terminale Nachwirkung sich umsetzen zu lassen.

Doch bleibt zu erklären, warum bei künstlichem Querschnitt keine terminale Nachwirkung auftritt. Die Antwort liegt nahe: deshalb nicht, weil die am künstlichen Querschnitt entstehende parelektronomische Schicht sogleich wieder zerstört wird. Die terminale Nachwirkung lässt sich, wie die Parelektronomie, darauf zurückführen, dass am Querschnitt eine einfache Lage dipolar elektromotorischer Molekeln positive Pole nach aussen kehrt. Wird diese Lage in der Entstehung zerstört, so kommt keine terminale Nachwirkung zu Stande. An einem Grunde für die Zerstörung fehlt es am künstlichen Querschnitte nicht. Er liegt in der dort entstehenden Säure. Aeltere Querschnitte ätzen den Achillesspiegel an, denn dadurch ward ich auf die Säurebildung im absterbenden Muskel geführt.[3]) Frische mechanische Querschnitte freilich ätzen den Achillesspiegel minder stark an, doch sieht man die Kraft eines aufliegenden Muskels wegen der Verunreinigung des Thonschildes mit Säure alsbald steigen, und zudem gehört mehr Säure

---

gebräuchlich ward, einen der in der Länge der Faser aneinander stossenden Bestandtheile der contractilen Substanz zu bezeichnen.

1) Dies Archiv, 1863. S. 687. 688.

2) Untersuchungen über den Erregungsvorgang u. s. w. Heidelberg 1871. S. 155. 156.

3) Monatsberichte u. s. w. 1859. S. 292; — De Fibrae muscularis Reactione ut Chemicis visa est acida. Berolini 1859. 4. p. 7. 11. — Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. II. S. 83 ff.

dazu, um durch den sehnigen Ueberzug die Muskelsubstanz anzugreifen, als um eine an die gesäuerte Schicht stossende Molekellage unwirksam zu machen.[1])

Im Falle chemischen Querschnittes könnte man sich auch auf die ätzende Flüssigkeit berufen wollen, welche den Querschnitt erzeugte; allein dies ist weder nöthig noch richtig, da unstreitig die lebende Muskelsubstanz von der eindringenden ätzenden Flüssigkeit stets durch eine Schicht abgestorbener Substanz getrennt bleibt, deren Säure hinreicht, die in ihrer nächsten Nähe entstehende parelektronomische Schicht zu zerstören. Selbst wenn die ätzende Flüssigkeit alkalisch ist, dürfte dies der Vorgang sein.

Der vom künstlichen Querschnitt aus fortschreitende Tod des Muskels wäre also Ursache, dass dort keine terminale Nachwirkung zu Stande kommt. Wie langsam er auch fortrücke, sein Fortschritt wäre schnell genug, um die im Tetanus stets an der Demarcationsfläche sich erneuernde verkehrt wirkende Molekellage gleichsam *in statu nascenti* zu vernichten.

Am Sartorius und Cutaneus femoris besteht nicht selten Parelektronomie fort, nachdem ein Stück vom Muskelende abgetragen ward.[2]) Hier giebt es eine parelektronomische Strecke, von der nur die dem Schnitte nächste Schicht dem Angriffe sogleich ausgesetzt wird. Es wäre der Mühe werth zu prüfen, ob nicht auch innerhalb dieser Strecke terminale Nachwirkung sich entwickele, und ob nicht die negative Schwankung des von solchem künstlichen Querschnitt abgeleiteten Stromes etwas vom Charakter der Schwankung bei natürlichem Querschnitt habe.

Ueber Nachwirkung am Nerven ist nichts bekannt. Sollte am künstlichen Nervenquerschnitt keine terminale Nachwirkung sich finden, obschon im absterbenden Nerven keine Säure entsteht (s. oben S. 131), so brauchte man deshalb die Vorstellung noch nicht aufzugeben, dass die Säurebildung die terminale Nachwirkung am künstlichen Muskelquerschnitt verhindert.

---

1) Dies Archiv, 1867. S. 270 ff.

2) Dies Archiv, 1863. S. 685; — 1867. S. 264.

Zwar dürfte man sich nicht darauf berufen, dass vielleicht die Innervationswelle eine geringere Summe lebendiger Kräfte vorstellt, als die Contractionswelle. Denn die negative Schwankung ist am Nerven verhältnissmässig bedeutender, als am Muskel. Nicht bloss beträgt die negative Schwankung am Nerven ein Vielfaches der ursprünglichen Kraft (s. II. S. 651), sondern diese selber übertrifft wahrscheinlich die ursprüngliche Kraft des Muskels.[1]) Allein auch am Nerven schreitet der Tod vom Querschnitt aus fort, so dass auch ohne Säurung ein verderblicher Einfluss der Querschnittsnähe stattfindet. Aus demselben Grunde wäre wohl kaum zu erwarten, dass am künstlichen Querschnitt erkalteter Muskeln terminale Nachwirkung sich zeige, wo auch keine Säure entsteht.[2])

Ueber Parelektronomie und terminale Nachwirkung am Nerven würde man vielleicht an vernarbten centralen Stümpfen von Muskelnerven etwas erfahren.

§. XXIII. Von der Rolle, welche die terminale Nachwirkung bei der negativen Schwankung des Muskelstromes im Tetanus spielt.

Nun erst sind wir im Stande, in den Erörterungen des XIX. Paragraphen mit gehöriger Einsicht fortzufahren. Es fragt sich nämlich, ob bei Berücksichtigung der terminalen Nachwirkung die dort gezogenen Schlüsse in Kraft bleiben. Die terminale Nachwirkung scheint bei der Schwankung in doppelter Art berücksichtigt werden zu müssen. Erstens summirt sich ihre negative Kraft in jedem Augenblick algebraïsch zu der in demselben Augenblicke bestehenden Kraft des schwankenden Stromes. Zweitens muss jene negative Kraft, wenn wirklich terminale Nachwirkung und Parelektronomie einerlei sind, an der Schwankung in gleichem Maass sich betheiligen, wie die schon vorhandene negative Kraft der parelektronomischen Strecke.

---

1) Dies Archiv, 1867. S. 440.

2) Monatsberichte u. s. w. 1859. S. 309; — De Fibrae muscularis Reactione ut Chemicis visa est acida etc. p. 25.

Um dies in unsere Formeln aufzunehmen, vernachlässigen wir zunächst die innere Nachwirkung und die Ermüdung. Die terminale Nachwirkung, die in den Erörterungen dieses Paragraphen schlechthin Nachwirkung heisst, schreiben wir als Function der Zeit $N_{(t)}$. Der Tetanus beginne zur Zeit $t = 0$. Dann ist $N_{(t)}$ Null für $t = 0$; es wächst mit t nach unbekanntem Gesetze, vermuthlich in einer gegen die Abscissenaxe concaven Curve, welche sich einer dieser Axe parallelen Geraden asymptotisch anschliesst. Ueber die Ordinate dieser Geraden wissen wir nichts Sicheres. Wir können nur aussagen, dass sie mit P wächst, dass sie stets viel $< P$ ist und dass bei Beseitigung von P auch $N_{(t)}$ zu bestehen aufhört.

Zur Zeit $t_{,}$ ist

$$U_{\iota} = aM - \alpha(P + N_{(t_{,})})$$

$$U_{\varrho} - U_{\iota} = (1 - a)M - (1 - \alpha)P + \alpha . N_{(t_{,})} .$$

Wir haben nun, wie wir im §. XIX ohne Berücksichtigung der Nachwirkung thaten, nacheinander $\alpha = 1$, $= a$ und $> a$ zu setzen und zu untersuchen, wie nach Hinzufügen des die Nachwirkung vorstellenden Termen unsere Ausdrücke mit dem Thatbestande stimmen. Dabei ist aber jetzt zu bedenken, dass 1. durch Hinzufügen jenes Termen U_{ι} Function der Zeit ward; 2. mit P stets zugleich $N_{(t_{,})} = 0$ zu setzen ist, nicht aber umgekehrt, oder wenigstens nicht im Falle, wo $N_{(t_{,})}$ durch $t_{,} = 0$ verschwindet.

Die gesuchte Uebereinstimmung wird demnach analytisch darin sich äussern, dass 1. $U_{\varrho} - U_{\tau}$ stets, auch für jeden Werth von $t_{,}$, positiv bleibt; 2. $U_{\varrho} - U_{\iota}$ durch Nullsetzen von P und N absolut wächst; 3. eben dadurch das Verhältniss $U_{\varrho} - U_{\tau} : U_{\varrho}$ abnimmt.

I. $\alpha = 1$

bedeutet, wie man sich erinnert, Nichtbetheiligung der negativen Kraft der parelektronomischen Strecke an der Schwankung. Auch die Kraft der Nachwirkung wäre nach unseren jetzigen Annahmen der Schwankung entzogen. $\alpha = 1$ macht für $t = t_{,}$

$$U_{\varrho} - U_{\tau} = (1 - a)M + \alpha . N_{(t_{,})} .$$

$(1-a)M$ ist auch ohne den die Nachwirkung vorstellenden Termen stets positiv, vollends mit diesem Termen für jeden Werth von $t_{,}$. Auch nimmt das Verhältniss

$$\frac{(1-a)M+\alpha.N_{(t_{,})}}{M-P}$$

durch Nullsetzen von P und N unter allen Umständen ab, da der Nenner vergrössert, der Zähler für jeden Werth von $t_{,}>0$ verkleinert wird. Dagegen nimmt für jeden solchen Werth von $t_{,}$ $(1-a)M+\alpha\cdot N_{(t_{,})}$ ab, statt zu, wenn $N_{(t_{,})}$ vernichtet wird; für $t_{,}=0$ bleibt der Ausdruck constant. Die Annahme $\alpha=1$ ist daher unzulässig.

II. $\alpha=a$

bedeutet, dass die negative Kraft der parelektronomischen Strecke, wie auch die der Nachwirkung, in gleichem Maasse schwankt, wie die positive Kraft des Gesammtmuskels. Diese Voraussetzung, von allen die natürlichste, mussten wir im §. XIX. aufgeben, weil dabei die Schwankung dem ursprünglichen Strome stets proportional wurde, d. h. klein bei kleinem positiven Unterschiede $M-P$, Null an dem wegen Parelektronomie stromlosen, absolut positiv an dem aus demselben Grunde negativ wirksamen Muskel. Auch blieb das Verhältniss der Schwankung zum Strom in der Ruhe bei künstlichem Querschnitt dasselbe, wie bei natürlichem.

Jetzt stellen sich beim ersten Blicke die Aussichten für diese Annahme günstiger. Durch die Nachwirkung wird die Proportionalität zwischen Schwankung und ursprünglichem Strom aufgehoben, aus welcher die der Wirklichkeit widersprechenden Folgen der Annahme entsprangen. Man hat für $t=t_{,}$

$$U_{\varrho}-U_{\tau}=(1-a)(M-P)+\alpha\cdot N_{(t_{,})}.$$

Ist also $M-P$ sehr klein, oder Null, so erschiene doch, durch Nachwirkung vorgespiegelt, negative Schwankung in ausreichender Grösse. Durch Nullsetzen von P und N wüchse die Schwankung absolut, so lange

$$\frac{N_{(t_{,})}}{P}<\frac{1-a}{a}$$

oder < als $\frac{2}{3}$ für $a = 0{\cdot}6$. Wir haben keinen Grund, anzunehmen, dass dies Verhältniss je überschritten werde.

Man hat sodann

$$\frac{(1-a)(M-P)+\alpha\cdot N_{(t_{,})}}{M-P} > \frac{(1-a)M}{M}$$

für $M \geqq P$.

Weiter aber geht die Uebereinstimmung der neuen Ausdrücke mit den Thatsachen nicht. Für $M < P$ wird die linke Seite letzterer Ungleichheit die kleinere. Auch ist für $P > M$

$$(1-a)(M-P)+\alpha\cdot N_{(t_{,})} > 0$$

nur so lange wie

$$\alpha\cdot N_{(t_{,})} > (1-a)(M-P),$$

also negativ für kleine Werthe von $t_{,}$; d. h. der absolut negativen Schwankung, welche bei hinlänglicher Dauer des Tetanus dadurch vorgespiegelt würde, dass die Nachwirkung die absolut positive Schwankung übercompensirte, ginge ein absolut positiver Ausschlag voraus.

Aber noch aus anderen Gründen ist die Schwankung bei $M =$ oder wenig $> P$ nicht bloss durch Nachwirkung zu erklären. Zwar nicht deshalb, weil dabei keine secundäre Zuckung stattfinden könnte. Denn um diese zu rechtfertigen, genügte, wie schon bemerkt (S. oben S. 126), die kleinste Ungleichzeitigkeit in der Zusammenziehung der verschiedenen Theile des Muskels. Allein die Erscheinungen am Rheotom lassen jene Auslegung nicht zu. Hier sieht man die Schwankung im Latenzstadium auftreten, und es ist überhaupt keine Nachwirkung nachweisbar (s. oben I. S. 579. 593. — II. S. 667). Ebenso zeigt sich die Schwankung bei Einzelzuckungen, wo noch weniger daran zu denken ist, sie bloss auf Nachwirkung zurückzuführen.

III. $1 > \alpha > a$.

Sehen wir nun zu, wie die Dinge bei der Annahme $1 > \alpha > a$ sich gestalten, welche schon ohne Berücksichtigung der Nachwirkung am besten den Thatsachen sich anschloss. Wie man sich entsinnt, bedeutet diese Annahme, dass die negative Kraft der parelektronomischen Strecke, zu der wir jetzt auch die der Nachwirkung rechnen, zwar an der Schwankung

sich betheiligt, doch in geringerem Maass als die positive Kraft des Gesammtmuskels. Setzen wir wieder (s. oben S. 127) $\alpha = na$, wo $n > 1$, so hat man für $t = t_{,}$

$$U_{2} - U_{,} = (1 - a)M - (1 - na)P + na.N_{(t,)}.$$

Dieser Werth ist wohl stets positiv, denn er ist es, so lange

$$\frac{M}{P} + \frac{na \cdot N_{(t,)}}{(1 - a)P} > \frac{1 - na}{1 - a} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (*),$$

wir sehen aber schon S. 127, dass auch ohne den links hinzugekommenen, die Nachwirkung vorstellenden Termen diese Ungleichheit immer erfüllt sein wird, sobald für $P < 1{\cdot}5\ M$ und $\alpha > 0{\cdot}6$, $n > \frac{11}{9}$. Jetzt wird n wegen jenes Termen sogar noch kleiner sein können. Vernichtung von P und N verkleinert sodann das Verhältniss

$$\frac{(1 - a)M - (1 - na)P + na \cdot N_{(t,)}}{M - P},$$

denn wegen $n > 1$ hat man

$$(n - 1)P + n \cdot N_{(t,)} > 0.$$

Endlich Vernichtung von P und N vergrössert absolut die Schwankung, so lange $na \cdot N_{(t,)} < (1 - na)P$, d. h. wieder so lange (s. oben S. 153. 154.) wie $\frac{N_{(t)}}{P} < \frac{2}{3}$.

Man sieht, dass die Annahme $\alpha > a$ bei Berücksichtigung der Nachwirkung abermals am besten besteht, noch besser als ohne deren Berücksichtigung, denn sie führt zu einem der Null gleichen oder absolut positiven Ausschlag unter gewissen Bedingungen später als ohne Nachwirkung. Sie verträgt sich, wie kaum bemerkt zu werden braucht, mit den Beobachtungen am Rheotom und mit dem Auftreten von Einzelschwankungen.

Wenn wir im Vorigen die Kraft der Nachwirkung sogleich wieder an der Schwankung sich betheiligen liessen, so ist übrigens diese Voraussetzung nicht so aufzufassen, als werde dadurch die Uebereinstimmung unserer Formeln mit der Wirklichkeit bedingt, sondern so, dass auch bei jener Voraussetzung diese Uebereinstimmung stattfinde. Man kann in den Formeln den Coëfficienten na in dem die Nachwirkung ausdrückenden Termen $= 1$ setzen, ohne dass die Formeln aufhören, im Allgemeinen so gut wie früher der Wirklichkeit zu entsprechen.

Wir haben bisher innere Nachwirkung und Ermüdung vernachlässigt. Es fragt sich, wie bei deren Berücksichtigung die Dinge sich gestalten. Beide würden in unseren Formeln als von der Zeit abhängige Coëfficienten einzuführen sein. Es wäre besonders zu erwägen, ob die innere Nachwirkung (von der Ermüdung scheint dies nicht zweifelhaft) auch die Kräfte der parelektronomischen Strecke ergreife oder nicht. Doch wollen wir diese weiteren Verwickelungen und feineren Züge der Erscheinung vorläufig bei Seite lassen. Die innere Nachwirkung im Vergleich zur terminalen Nachwirkung ist namentlich bei kürzerer Dauer des Tetanus so unbedeutend, dass unsere Schlüsse durch deren Berücksichtigung kaum eine Aenderung erleiden würden. Auf eine aus dem Thatbestande sich ergebende bestimmte Grössenbeziehung zwischen innerer Nachwirkung und Ermüdung kommen wir noch zurück (s. unten S. 160).

Wir halten uns also für berechtigt, bis auf Weiteres von der Annahme $\alpha > a$ auszugehen, und unsere Vorstellung vom Hergange bei der Schwankung des vom natürlichen Querschnitt abgeleiteten Stromes gestaltet sich folgendermaassen.

Während die terminale Nachwirkung wächst, und einen Zuwachs der negativen Kraft der parelektronomischen Strecke vorstellt, bekämpfen sich zwei relativ negative Schwankungen: 1. die auch absolut negative Schwankung der positiven Kraft des Gesammtmuskels; 2. die absolut positive Schwankung der negativen Kraft der parelektronomischen Strecke und der Nachwirkung. Die absolut positive Schwankung ist im Vergleich zur ursprünglichen Kraft die geringere, daher die absolut relative Schwankung in der Regel (s. unten) die Oberhand hat. Die so resultirende Schwankung ist nothwendig absolut kleiner als die negative Schwankung bei künstlichem Querschnitt, ja es sind Fälle anzunehmen, in welchen der grösste Theil der sich kundgebenden Schwankung nur Nachwirkung ist.

Es scheint sich aber so zugleich eine einfache Erklärung zu ergeben für den eigenthümlichen Verlauf der Schwankung bei natürlichem Querschnitte, für deren stockenden, ja von Rückschritten unterbrochenen Gang. Zu dieser Erklärung

stehen uns jetzt sogar zwei Mittel zu Gebote. Man kann sich erstens denken, dass n nicht constant ist, sondern auf- und abschwankt. Man kann sich zweitens denken, dass einer gewissen Grösse der Nachwirkung ein Zustand labilen Gleichgewichtes entspricht, und dass sie dann leicht auf einen geringeren Werth zurückspringt, von dem aus sie langsamer wieder anwächst, etwa wie die Polarisation beim Erschüttern der Elektroden.[1]) Auch könnte beides zu gleicher Zeit stattfinden.

Die innere Wahrscheinlichkeit beider Annahmen ist indess gering. Es widerspricht der Ermüdung, dass die negative Schwankung der parelektronomischen Kräfte zeitweise wieder an Stärke zunehmen soll, und die Annahme, dass die terminale Nachwirkung einem Zustande labilen Gleichgewichtes entspreche, passt schlecht zur Dauerbarkeit der Parelektronomie, die mit ihr einerlei sein soll.

Es wäre nutzlos, neue Vermuthungen zu ersinnen, um diesen Schwierigkeiten zu begegnen, und das Gerathenste wird sein, durch fortgesetzte Versuche weiteren thatsächlichen Boden zu erwerben.

Wenn der Strom sich aus der terminalen Nachwirkung nicht erholt, sondern dauernd kleiner, ja verkehrt bleibt, und bei erneutem Tetanus nur sehr geringe absolut negative Schwankung entsteht, obschon der Muskel sich noch gut zusammenzieht, so ist dies wohl dahin zu deuten, dass dann auch der erste negative Ausschlag wesentlich nur durch die sich entwickelnde und als Parelektronomie fixirende Nachwirkung bedingt war, und eine eigentliche Schwankung fehlte, weil die Ungleichheit (*) (oben S. 155) sich nicht erfüllt fand, sondern deren Unterschied fast Null war.

Sollte bei Tetanus eines mit natürlichem Querschnitt aufliegenden regelmässigen Muskels künftig einmal im ersten Augenblick absolut positiver Ausschlag erfolgen, so wäre darin nicht etwa eine unerhörte Ausnahme von dem Satz zu sehen, dass negative Schwankung die Zusammenziehung begleitet. Sondern diese Erscheinung würde zunächst so auszulegen sein, dass die oben

---

1) Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 212.

S. 155 angegebenen Bedingungen für $U_2 - U_1 > 0$ nicht erfüllt waren. Ich lege Gewicht hierauf, weil ich im Laufe meiner zahlreichen Versuche einige Mal beim Tetanisiren des mit Aequator und unterem sehnigen Ende aufliegenden Sartorius zuerst positive, dann negative Wirkung erhielt, was mir damals räthselhaft blieb. Nach Willkür experimentiren lässt sich hierüber so wenig, wie über die sich ganz in Parelektronomie verwandelnde Nachwirkung (s. oben S. 136). Man muss warten, bis Einem gelegentlich solch ein Fall begegnet, eine Sachlage, welche planmässiger Erforschung so ungünstig wie möglich ist.

In der ersten Abtheilung, S. 592. 593, erwogen wir die Möglichkeit, den Unterschied zwischen den Zeichen der Schwankung des Gastroknemiusstromes bei unvollkommenem und bei vollkommenem Tetanus aus der nur bei letzterem sich entwickelnden Nachwirkung zu erklären. Jetzt braucht kaum bemerkt zu werden, was damals noch nicht gesagt werden konnte, dass mit Nachwirkung dort die terminale gemeint war.

§. XXIII. Graphische Darstellung des elektrischen Vorganges im Tetanus.

Fig. 2 ist die graphische Darstellung der im vorigen Paragraphen entwickelten Vorstellung vom elektrischen Vorgang im Tetanus. Sie ist abermals eine weitere Entwickelung der ursprünglichen in meinen „Untersuchungen“ gegebenen Figur, welche den Verlauf des Muskelstromes im Tetanus erläuterte, soweit er damals bekannt war.[1]) Zuerst zeigte diese Figur nur die Ktenoïde mit abwärts gerichteten Zähnen von verschiedener Länge in verschiedenen Abschnitten, um zu verdeutlichen, wie der Abnahme der Stromstärke im Tetanus, sobald diese Abnahme nicht stetig sei, verschiedene Länge der Zähne entsprechen könne (vergl. oben II. S. 611). Als ich später die Nachwirkung fand, wiederholte ich dieselbe Figur mit dem Unterschiede, dass die Länge der Zähne unbestimmt blieb, die Ktenoïde aber, um die mit der Dauer des Tetanus zunehmende

1) A. a. O. Bd. II. Abth. I. Taf. I. Fig. 89. S. 91. 121.

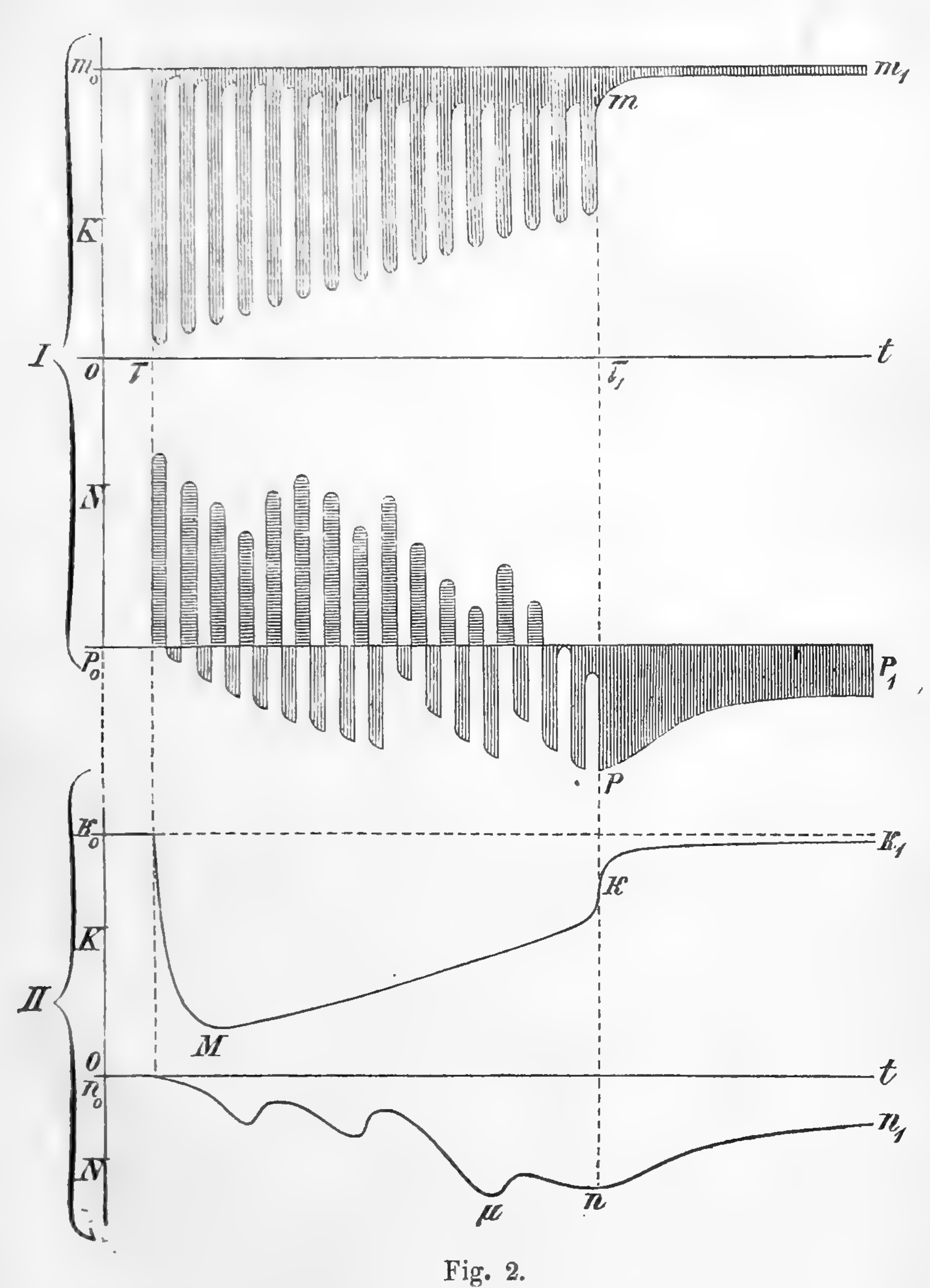


Fig. 2.

Nachwirkung darzustellen, zwischen je zwei Zähnen immer weniger hoch wieder emporstieg. Mit wechselnder Dauer des Tetanus wurde gleichsam der Rücken des Kammes höher.[1])

Jetzt liegt uns ob, in die Figur auch noch die nun erkannte Schwankung der parelektronomischen Kraft aufzunehmen

---

1) A. a. O. Bd. II. Abth. II. Taf. V. Fig. 145. S. 157.

und die innere von der terminalen Nachwirkung zu scheiden. Dies geschieht folgendermaassen.

In den beiden Abschnitten I. und II. der Fig. 2 stellen die Abscissenaxen $0t$ die Zeit vor. Die Abscissenwerthe sind dieselben. Bei τ fängt Tetanisiren an, bei τ_1 ist die letzte Einzelschwankung abgelaufen. In I. *K* sieht man die Einzelschwankungen der Kraft bei künstlichem Querschnitt, in I. *N* die Einzelschwankungen der parelektronomischen Kraft und der terminalen Nachwirkung, in II. *K* die Gesammtschwankung bei künstlichem, in II. *N* die Gesammtschwankung bei natürlichem Querschnitte, wie diese Schwankungen an der aperiodischen Bussole mit leichtem Spiegel sich darstellen. Wir betrachten zuerst Abtheilung I. in ihren beiden Unterabtheilungen *K* und *N*.

Die in I. *K* über der Axe verlaufende Curve $m_0\, m\, m_1$ ist die der Kraft des Muskels im Tetanus bei künstlichem Querschnitt. Sie unterscheidet sich von der zuletzt von mir in den „Untersuchungen" a. a. O. gegebenen Curve dadurch, dass jetzt die Ktenoïdenzähne, deren Länge dort unbestimmt blieb, bestimmte Länge erhielten. Wir lassen den ersten Zahn sich der Axe nähern, nicht aber sie erreichen. Wenn nämlich auch die Einzelschwankung gewöhnlich die Axe erreichte, was nicht der Fall ist, dürften wir vorläufig doch der Polarisation halber diesem Verhalten keine wesentliche Bedeutung beilegen, sondern müssten darin ein zufälliges Zusammentreffen sehen (s. oben II. S. 649).

Die Länge der Ktenoïdenzähne nimmt mit wachsender Dauer des Tetanus wegen der Ermüdung schnell ab: denn trotz der wachsenden inneren Nachwirkung führt Tetanus bei künstlichem Querschnitte nicht zu beständiger Ablenkung.[1]) Die Zahnlänge muss folglich so schnell abnehmen, dass die Verkürzung der Zähne die Schwächung des Stromes in den Intervallen zwischen den Zähnen übercompensirt (vergl. oben S. 157). Das Gesetz, wonach die Abnahme geschieht, ist uns unbekannt; in Ermangelung einer einigermaassen berechtigten Vermuthung darüber ist es in der Figur als linear angenommen.

1) S. I. S. 529. 530.

Zwischen je zwei Zähnen steigt die Curve immer weniger hoch empor. Dadurch stellen wir jetzt ausschliesslich die in der Masse des Muskels stattfindende innere Nachwirkung vor. Da die innere Nachwirkung vermuthlich einem oberen Grenzwerth asymptotisch zustrebt, zeichnen wir die Curve ihres Wachsthumes einstweilen convex gegen die Abscissenaxe. Nach Aufhören des Tetanus nimmt die Nachwirkung zuerst schneller, dann langsamer, also in einer gegen die Axe concaven Curve ab. Vollkommen erholt sich an dem des Kreislaufes beraubten Muskel die Kraft wohl nie.

Am besten betrachten wir nun sogleich den Abschnitt II. *K* der Figur, der den Verlauf der Gesammtschwankung bei künstlichem Querschnitte zeigt. Die Curve $k_0 k k_1$ steht zur Curve $m_0 m m_1$ in folgender Beziehung.

Der zwischen ihr und der Geraden $k_0 k_1$ begriffene Flächenraum ist (der Idee nach) gleich dem Flächenraume zwischen der Curve $m_0 m m_1$ und der Geraden $m_0 m_1$, und diese Gleichheit der Flächenräume besteht auch zwischen je zwei Ordinaten, deren Abscissenunterschied nicht unter eine gewisse Grösse sinkt, welche um so kleiner ist, je kleiner die Beruhigungszeit des Magnetspiegels.[1]) Denn wäre letztere kleiner, als ein gewisser sehr kleiner Werth, so würde der Spiegel die Einzelschwankungen unverändert mitmachen. Man bemerkt an der Curve der Gesammtschwankung den stetigen Gang; das schnell nach Beginn des Tetanus eintretende Minimum *M*, auf dessen absolute Grösse wir noch zurückkommen; das darauf folgende Wiederansteigen der Kraft, dadurch bedingt, dass der durch die Ktenoïdenzähne bedeckte Flächenraum schneller abnimmt, als die innere Nachwirkung wächst; das plötzliche Ansteigen bei Aufhören des Tetanus; endlich die verhältnissmässig geringe innere Nachwirkung.

Die bei I. *N* unter der Axe verlaufende Curve $p_0 p p_1$ ist die der negativen Kraft der parelektronomischen Schwankung im Tetanus nach unserer jetzigen Anschauung. Um der Vorstellung einen Anhalt zu geben, ist $0p_0 = 0m_0$ gemacht, d. h.

---

1) Vergl. Monatsberichte der Akademie, 1869. S. 835.

der ruhende Muskel ist als stromlos wegen Parelektronomie angenommen. Bei Beginn des Tetanus geht auch die Curve $p_0 p p_1$ in eine Ktenoïde über, die zum Unterschiede von der zuerst betrachteten positiven die negative Ktenoïde heissen soll. Die Zähne der negativen Ktenoïde haben mit denen der positiven Ktenoïde gleiche Abscissen, sind aber aufwärts gerichtet. Die Zähne beider Ktenoïden liegen somit im Allgemeinen symmetrisch zur Abscissenaxe. Sie unterscheiden sich aber von einander durch ihre Länge und durch das Gesetz, wonach die Höhe ihres Ursprunges mit der Dauer des Tetanus sich ändert.

Die negativen Zähne sind verhältnissmässig, also für $0p_0 = 0m_0$ auch absolut, kürzer als die positiven, weil die negative Kraft der parelektronomischen Strecke an der Schwankung weniger sich betheiligt, als die positive Kraft des Gesammtmuskels (S. oben S. 156).

Beispielsweise ist in der Figur der erste negative Zahn $^2/_3$mal so lang gemacht, wie der erste positive.

Während als Ausdruck der inneren Nachwirkung die positive Ktenoïde zwischen je zwei Zähnen weniger hoch emporsteigt, steigt als Ausdruck der terminalen Nachwirkung die negative Ktenoïde zwischen je zwei Zähnen im Allgemeinen immer tiefer hinab. Die positiven Zähne entspringen aus immer geringerer Höhe über, die negativen im Allgemeinen aus immer grösserer Tiefe unter der Abscissenaxe. Weil aber die terminale Nachwirkung die innere Nachwirkung übertrifft, so ändert sich die Höhe, aus der die Zähne entspringen, für die negative schneller als für die positive Ktenoïde. Hört der Tetanus auf, so ist die Kraft der parelektronomischen Strecke vergrössert um die der terminalen Nachwirkung, welche in einer gegen die Abscissenaxe zuerst vielleicht concaven, dann convexen Curve sehr allmählich abnimmt.

Bisher sind wir unserer Sache ziemlich gewiss. Von jetzt ab wird Alles hypothetisch, indem es der Möglichkeiten, durch welche wir die Erscheinungen formell erklären können, mehrere giebt, aber kein Mittel, dazwischen zu entscheiden.

Es fragt sich nämlich jetzt, wie lang die folgenden negativen Zähne zu machen seien, und wohin wir ihren Ursprung

zu verlegen haben. Wir stellten oben S. 151 als wahrscheinlich hin, dass die eben erst entstandene Kraft der Nachwirkung alsbald in demselben Maasse wie die der parelektronomische Strecke die Schwankung mitmache. Danach könnten wir unter der Voraussetzung, dass wir das Gesetz kennten, nach welchem die terminale Nachwirkung wächst, über die Länge eines beliebigen negativen Zahnes wohl etwas aussagen. Denn sei $\mathfrak{n}$ das Verhältniss der Länge des ersten negativen zu der des ersten positiven Zahnes (also in unserer Figur $\mathfrak{n} = \frac{2}{3}$), was wir so ausdrücken wollen:

$$L_{-1} = \mathfrak{n} \cdot L_{+1},$$

so hätte man, bei rechteckigen Ktenoïdenzähnen (S. oben II. S. 641. 650) allgemein die Länge des νten negativen Zahnes

$$L_{-\nu} = \frac{\mathfrak{n} \cdot L_{+\nu}(P + N_{(t_\prime)})}{M},$$

wo $t_\prime$ die Abscisse des Zahnes bedeutet.

Allein eine Menge Umstände widersetzt sich einer so einfachen Schlussfolge. Wegen der Ermüdung und der inneren Nachwirkung wissen wir nicht, wie wir die Länge $L_{+\nu}$ zu nehmen, und was zur Zeit $t_\prime$ als Kraft M des ruhenden Muskels anzusehen sei. Unstreitig ermüdet, um uns so auszudrücken, die parelektronomische Strecke; ob auch der ihr eben in Gestalt terminaler Nachwirkung gewordene Kraftzuwachs, wissen wir nicht. Sodann stellten wir schon oben S. 156. 157 Vermuthungen auf, um den eigenthümlichen Gang der Schwankung bei natürlichem Querschnitte zu erklären. Wir nahmen an, dass entweder n schwanke, mit welchem bei rechteckigen Ktenoïdenzähnen $\mathfrak{n}$ durch folgende Relation verknüpft sein würde:

$$n = \frac{RP + T(P - \mathfrak{n}L)}{RM + T(M - L)};$$

oder dass die terminale Nachwirkung zu einem labilen Zustande führe, und ihre Kraft plötzlich auf einen geringeren Werth zurückspringe, womit denn auch wieder Abnahme der negativen Zahnlänge verbunden sein würde. Es fehlte nicht an Einwänden gegen beide Annahmen; wie die Sachen stehen, haben wir keine besseren, und ich habe den betreffenden Theil der Figur deshalb nach folgendem Princip entworfen.

Die ersten vier Zähne entspringen aus immer grösserer Tiefe, was die schnell wachsende terminale Nachwirkung versinnlicht. Sie nehmen wegen Ermüdung an Länge ab, jedoch langsamer als die Ktenoïdenzähne, weil vielleicht dieser Abnahme die Zunahme entgegenwirkt, welche aus der Betheiligung der Nachwirkung an der Schwankung entspringt. Vom fünften bis achten Zahn habe ich n grösser genommen, um zu zeigen, wie solche Schwankung von n Stillstand, ja Abnahme der Gesammtschwankung bei natürlichem Querschnitt bedinge. Beim achten Zahne springt die bisher stetig wachsende terminale Nachwirkung auf einen geringeren Werth zurück, und es wird so die andere Art veranschaulicht, wie der Gang der Gesammtschwankung bei natürlichem Querschnitt erklärlich würde. Dasselbe wiederholt sich nochmals beim zwölften Zahn.

Schliesslich ist in II. *N* die Gesammtschwankung bei natürlichem Querschnitt schematisch dargestellt. Da der Muskel als in der Ruhe stromlos gedacht ist, können wir die Curve der Schwankung $n_0 n n_1$ bei natürlichem Querschnitt unter derselben Abscissenaxe auftragen, über welcher wir die Schwankung bei künstlichem Querschnitt auftrugen. Um die Entstehung der Curve $n_0 n n_1$ zu begreifen, denke man sich zuerst eine Curve, deren Ordinaten die algebraische Summe der Ordinaten der beiden Curven $m_0 m m_1$, $p_0 p p_1$ seien. Dann steht Curve $n_0 n n_1$ zu jener resultirenden Curve in derselben Beziehung, wie Curve $k_0 k k_1$ zu Curve $m_0 m m_1$. Es würde aber nichts zur Deutlichkeit beitragen, wollten wir die resultirende Curve selber entwerfen. Es handelt sich nur darum, einsichtlich zu machen, wie, durch Hinzutreten der parelektronomischen Kraftschwankung $p_0 p p_1$, Curve $k_0 k k_1$ in eine der Curve $n_0 n n_1$ ähnliche übergeht.

Man sieht erstens, dass das zwischen der Geraden $p_0 p_1$ und der Abscissenaxe $o t$ gelegene wagerecht schraffirte Stück der negativen Zähne sich von den positiven Zähnen abzieht. Dagegen fügen sich letzteren hinzu die von der Axe aus jenseit der Geraden zwischen je zwei Zähnen gelegenen, senkrecht schraffirten Flächenräume, welche die terminale Nachwirkung vorstellen. Der zwischen zwei gegebenen Ordinaten

begriffene wagerecht schraffirte Flächenraum übertrifft besonders zu Anfang den die Nachwirkung vorstellenden senkrecht schraffirten Flächenraum zwischen denselben Ordinaten. Unter dieser Annahme erklärt es sich, dass die Gesammtschwankung bei natürlichem Querschnitt langsamer ansteigt, als bei künstlichem. Den Störungen des Ganges der Curve $p_0 p p_1$ durch Schwanken von n, oder Rückspringen der Nachwirkung, oder Beides, entsprechen ähnliche Störungen im Gange der Gesammtschwankungscurve. Das später erreichte Maximum dieser Curve μ bleibt unter dem Maximum der Gesammtschwankungscurve M bei künstlichem Querschnitt. Vom Maximum sinkt die Curve langsam herab, und hält sich, auf und ab schwankend, einige Zeit auf einer dem Maximum nahen Höhe; die Schwankungscurve geht dann allmählich in die der Nachwirkung über.

Ich übergehe, dem schon oben S. 163 Gesagten gemäss, die Frage, ob die innere Nachwirkung auch die parelektronomischen Kräfte ergreife, als für den gegenwärtigen Stand der Untersuchung zu schwierig und unbedeutend zugleich. Dagegen scheint schliesslich folgende Erwägung gerechtfertigt. Da die Curve der Gesammtschwankung bei natürlichem Querschnitt allmählich in die der terminalen Nachwirkung übergeht, und da letztere die innere Nachwirkung weit übertrifft, so kann zuletzt die Schwankung bei natürlichem der bei künstlichem Querschnitt gleichkommen, ja sie übertreffen, obschon das Maximum bei künstlichem das bei natürlichem Querschnitt übertraf. Ich habe diese Möglichkeit in die Figur aufgenommen, obschon ich über deren wirkliches Stattfinden keine unmittelbare Beobachtung besitze. Um solche zu erlangen, müsste man an einem und demselben Muskel erst die Schwankung bei natürlichem Querschnitte nach einer gewissen Dauer des Tetanus messen, dann chemischen Querschnitt herstellen, und nun die Schwankung nach derselben Dauer des Tetanus messen. Wenn man aber jetzt geringere Wirkung erhält, steht Einem nichts dafür, dass dies nicht bloss von der Ermüdung und von der Herabsetzung der Erregbarkeit durch das Anätzen herrühre. Der Versuch ist also nicht ausführbar.

Ich glaube, dass hiermit die Kenntniss der negativen

Schwankung in formeller Hinsicht soweit geführt ist, wie die vorhandenen Beobachtungen gestatten, bin aber weit davon entfernt, zu meinen, dass letztere den Kreis der schon möglichen, noch immer verhältnissmässig fruchtbaren, ja grundlegenden Wahrnehmungen erschöpft haben. Im Gegentheil, es dürfte sehr lohnend sein, an der Hand der gewonnenen Einsichten an die Beantwortung der vielen hier noch offenen Fragen sich zu machen. Einige dieser Fragen, welche mit dem Vorigen in keinem unmittelbaren Zusammenhange stehen, werde ich im letzten Paragraphen dieser Abhandlung anregen. Vorher jedoch liegt uns noch ob, einem auf den Umsturz aller obigen Anschauungen gerichteten Unternehmen entgegenzutreten.

(Schluss im dritten Heft.)

Die elektrischen und Bewegungs-Erscheinungen am Blatte der Dionaea muscipula.

Von

HERMANN MUNK.

Hierzu Taf. I und Taf. III.

(Schluss.)

---

§. 6. Von den elektrischen Erscheinungen bei Reizung des Dionaea-Blattes.

Ausser der Reizbewegung haben wir aber noch andere Folgen der Reizung an unserem Blatte zu untersuchen.

Unter dem Titel: „Negative Schwankung“ theilt Hr. Sanderson Folgendes mit[1]: „a) Wenn das Blatt so auf die Elektroden aufgelegt wird, dass der normale Strom des Blattes durch eine Ablenkung der Nadel nach links angezeigt wird und man gestattet einer Fliege, in dasselbe zu kriechen, so schwingt die Nadel in dem Momente, wo die Fliege das Innere erreicht und so die sensitiven Haare der oberen Fläche berührt, nach rechts, während zu gleicher Zeit das Blatt sich über der Fliege schliesst. b) Nachdem die Fliege gefangen ist, schwingt die Nadel jedesmal, wenn jene sich bewegt, nach rechts. c) Dieselbe Reihe von Erscheinungen tritt ein, wenn die sensitiven Haare der oberen Fläche[2]) statt durch die Fliege durch einen feinen Pinsel berührt werden. d) Wenn das Blatt[3]), während es auf den Elektroden des Galvanometers wie zuvor

---

1) Centralbl. S. 834—5. — In den Proceed. p. 496 findet sich der gleiche Text, nur mit einigen Umstellungen und mit einzelnen Varianten, welche ich in den folgenden Anmerkungen hinzufüge.

2) „the sensitive hairs of a still expanded leaf“ (Proceed.).

3) „the open leaf“ (Proceed.).

aufliegt, von seiner oberen Fläche[1]) aus von zugespitzten Platinelektroden, deren Entfernung 1 Mm. nicht überschreitet, eben durchbohrt wird und diese letzteren (Platinelektroden) durch Vermittelung einer Wippe mit dem du Bois'schen Schlitten verbunden werden, so sind dieselben Erscheinungen zu beobachten, wie nach der mechanischen Reizung, jedesmal, dass man den secundären Kreis schliesst. Der Effect wird nicht geändert, wenn die Richtung der reizenden Ströme umgekehrt wird. In diesem sowie in dem mit c) bezeichneten Falle variiren die Erscheinungen, je nachdem das Blatt an verschiedenen Stellen seiner oberen Fläche gereizt wird: wenn das Blatt an seinen Rändern gereizt wird, gleichviel ob elektrisch oder mechanisch, so ist kein Effect zu bemerken; wird das Blatt an seiner mittleren Partie gereizt, so schwingt die Nadel nach einem Intervall von $^1/_4$—$^1/_2$ Sec.[2]) nach rechts. Wenn jedoch das Blatt an einer dem Stiele zunächst gelegenen Stelle der mittleren Partie gereizt wird, so geht dem Schwingen nach rechts ein leichter, der normalen Ablenkung (links) gleich gerichteter Stoss voraus. In jedem Falle kommt die Nadel nach der negativen Schwankung in einer Stellung zur Ruhe, die weiter nach links gelegen ist, als zuvor, und nimmt dann allmählich ihre frühere Stellung wieder ein.“

Die grossen Mängel dieser Mittheilung und zwar, von allen Einzelheiten abgesehen, gerade im Hauptsächlichsten und Wichtigsten, sind nicht zu verkennen. Vor Allem besteht die Möglichkeit, dass Hrn. Sanderson's „negative Schwankung des normalen Blattstromes“ gar Nichts weiter sei als die Folge der Verschiebung der Ableitungspunkte am Blatte, einer Verschiebung, welche die mit einer Erschütterung des Blattes verbundene Reizung mit sich bringen konnte, und welche durch die Schliessung des Blattes, bei Hrn. Sanderson's Ableitungsweise von den Blattenden (s. Nat. p. 128 Fig. 2), sogar

1) „one of the concave surfaces“ (Proceed.). Hr. Sanderson bezeichnet die obere Blattflügel-Fläche öfters als die „concave“, weil ihm so wenig als Hrn. Darwin die Concavität des Blattflügels nach unten am ganz offenen Blatte (s. oben S. 108) bekannt war.

2) „from a quarter to a third of a second“ (Proceed.).



jedenfalls herbeigeführt sein musste. Man bleibt zweitens ganz im Unklaren darüber, was eigentlich zur Beobachtung kommt. Die Bezeichnung „negative Schwankung“ ist von Hrn. Sanderson der Lehre vom Muskelstrome entlehnt. Hat man einen Muskel bis zum Maximum der negativen Schwankung seines Stromes tetanisirt, so kehrt die Nadel vom negativen Ausschlage nicht so bald, wie von sonstigen Ablenkungen, in die Ruhestellung zurück, sondern ihre schnelle Rückkehr nimmt, in Folge der Nachwirkung des Tetanus auf die Kraft des Muskels, halbweges oder später in auffälliger Weise ein Ende, so dass die Nadel schon hier zur Ruhe zu kommen scheint, und nur ganz langsam setzt dann die Nadel ihren Weg zur Ruhestellung fort[1]). Wenn nun nach Hrn. Sanderson auch das Blatt die negative Schwankung des normalen Blattstromes zeigt, indem die durch den Ruhestrom nach links abgelenkte Nadel nach rechts schwingt, so sollte man meinen, dass die Nadel auf der Rückkehr zu ihrer ursprünglichen Ablenkung weiter nach rechts, als zuvor, zur Ruhe käme und dann allmählich ihre frühere Stellung wieder einnähme. Dagegen sagt Hr. Sanderson, die Nadel komme zur Ruhe weiter nach links, als zuvor; und das ist offenbar ganz unverständlich, wenn man das „zuvor“, wie man doch muss, auf diejenige Stellung der Nadel bezieht, von welcher aus der negative Ausschlag erfolgt ist, also auf die ursprüngliche Ablenkung nach links. Die Vertauschung von „rechts“ und „links“, welche man danach in Hrn. Sanderson's Angabe vermuthen muss, ist aber nirgends berichtigt; und das unerfreuliche Dunkel, welches in Folge dessen herrscht, ist noch dadurch gesteigert, dass Hr. Sanderson in seiner letzten Veröffentlichung das eine Mal — bei mechanischer Reizung — des eigenthümlichen Verhaltens der rückkehrenden Nadel gar nicht mehr gedenkt, sondern dort die Nadel einfach vom negativen Ausschlage unmittelbar zu ihrer ursprünglichen Stellung zurückkehren

---

1) E. du Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Elektricität. Bd. II. Abth. II. S. 151 ff. — Dies Archiv 1873. S. 529; 544.

lässt[1]) und das andere Mal — bei elektrischer Reizung — die Nadel sogar schon von vorne herein nach links ausschlagen, d. h. eine positive Schwankung des Stromes anzeigen lässt[2]). Wollte Jemand in diesen vielfach wechselnden Ergebnissen einen Beweis dafür sehen, dass es sich gar nicht um Folgen der Reizung, sondern blos um Folgen verschiedener Umstände, die rein äusserlich mit der Reizung in Verbindung standen, bei Hrn. Sanderson's Versuchen gehandelt habe, Nichts würde sich dagegen einwenden lassen. Endlich besteht der dritte, höchst missliche Mangel darin, dass, wenn wir selbst Hrn. Sanderson's negative Schwankung in Folge der Reizung trotz alledem zugeben wollten, die Bedeutung dieser Schwankung, ob sie eine Veränderung des Widerstandes oder Anderes anzeigt, ganz in Frage bleibt; während doch das Interesse, das sich an die negative Schwankung des Muskels knüpft, gerade darauf beruht, dass in derselben eine Abnahme der Kraft der elektromotorisch wirksamen Muskelelemente zum Ausdrucke kommt.

Bei diesen Mängeln kann Hrn. Sanderson's Mittheilung nur einen Fingerzeig abgeben, dass auf die elektrischen Erscheinungen bei der Reizung unseres Blattes zu achten sei, und die Untersuchung der Erscheinungen hat von Grund auf zu beginnen. Wir werden aber diese Untersuchung jetzt um so lieber unternehmen, als auch schon unsere voraufgegangenen Ermittelungen uns zu derselben drängen; denn da wir dieselben Parenchymzellen, welche sich in §. 4 elektromotorisch wirksam ergaben, in §. 5 bei der Reizbewegung eine Rolle spielen sahen, ist Nichts uns näher gelegt als die Frage, ob

---

1) „The spot having assumed a fixed position on the screen, the leaf was excited by touching the sensitive hairs with a camel-hair pencil. The spot flew back towards the right edge of the screen, immediately afterwards returning to its original position. This effect was repeated several times." (Nat. p. 128.)

2) „Two fine-pointed electrodes ... were thrust into the centre of the external surface of a leaf... On thus exciting the leaf the spot of light shot to the left." (Nat. p. 128.)

und wie die elektromotorische Wirksamkeit dieser Zellen mit der Reizung des Blattes sich verändert.

Da die Mittelrippe der einzige Theil des Blattes ist, der bei der Reizbewegung seine Lage im Raume beibehält und an der unteren Seite in unveränderter Verbindung mit den Elektroden erhalten werden kann, so stellen wir die Thonspitzen unter etwa rechtem Winkel nach oben gebogen her und lagern sie, unter leichter Hebung des Blattes, der Mittelrippe von unten her an. Die Elasticität des Blattes, welches das Bestreben hat, sich mit seiner Spitze dem Boden zu nähern, sichert alsdann die Verbindung zwischen Blatt und Elektroden so vortrefflich, dass Erschütterungen des Topfes oder der Elektroden, wenn sie nicht gar zu heftig sind, die Spiegelstellung unberührt lassen. Erst wenn man, durch einen leichten Stoss gegen das Blatt, dieses sichtlich momentan aus seiner Lage bringt, wie es natürlich ein völliges Misslingen der folgenden Versuche in sich schliessen würde, sieht man, ebensowohl bei Compensation des bestehenden Stromes wie ohne Compensation desselben, Schwankungen des Spiegels bald nach der einen bald nach der anderen Seite hin auftreten und zwar Schwankungen der Art, dass der Spiegel jedesmal rasch um 5—20 Sc. ausschlägt und sogleich wieder in die frühere Stellung oder wenigstens ohngefähr in dieselbe zurückkehrt. Offenbar rühren diese Schwankungen zum grössten Theile daher, dass die Ableitungspunkte verschoben werden, und die Verbesserung oder Verschlechterung der Verbindung zwischen Blatt und Elektroden ist daneben nur von untergeordneter Bedeutung.

Im Wechseln mit den Reizungsweisen bin ich Hrn. Sanderson nicht gefolgt, sondern habe mich immer an eine und dieselbe Reizungsweise gehalten. Wie ich die Empfindlichkeit der oberen Blattfläche kennen gelernt hatte, durfte ich an eine Durchbohrung derselben mit feinen Platinelektroden nicht denken; und von einem solchen Verfahren an der unteren Blattfläche (s. o. S. 170 Anm. 2) hielt mich die Ueberlegung zurück, dass dann die normale Schliessung des Blattes behindert und dadurch leicht auch eine Verrückung der Mittelrippe auf den Elektroden bedingt sein musste. Ebensowenig mochte

ich mich zum Experimentiren mit Fliegen entschliessen, weil die gewaltsamen Befreiungsversuche des Thieres das Blatt auf den Elektroden verschieben konnten. Dagegen ist die Reizung des Blattes durch die Bewegung eines sensiblen Haares, sei es mittelst eines feinen Pinsels, sei es mittelst eines fein zugespitzten Hölzchens, von allen Bedenken frei und schont zugleich am meisten das werthvolle Material. Hrn. Kurtz, der immer diese Reizungsweise bei meinen Versuchen in Anwendung brachte, gelang es dabei — mit höchst seltenen Ausnahmen, wo dann die Versuche verworfen wurden —, jede Berührung und Bewegung des Blattes selbst zu vermeiden und auch den zur Reizung verwandten Körper so rasch wieder zu entfernen, dass die Schliessung des Blattes durchaus normal sich vollziehen konnte. Die letztere Reizungsweise ist also stets im Folgenden bei meinen Versuchen vorauszusetzen.

Reizen wir nun unser Blatt bei Ableitung von den beiden Enden der Mittelrippe und ohne Compensation des bestehenden aufsteigenden Stromes, so beobachten wir Folgendes. Es sei z. B. eine Ablenkung von 30 Sc. vorhanden. Zuerst nach der Reizung nimmt die Ablenkung sehr rasch auf 25—20 Sc. ab, und darauf nimmt sie sogleich etwas langsamer, doch immer noch rasch, auf 40—60 Sc. zu. Alles dies ist in längstens 20 Secunden nach der Reizung vor sich gegangen. Nun verweilt der Spiegel nur momentan auf dem Maximum der Ablenkung und kehrt dann langsam, in etwa einer Minute, zu seiner Anfangsstellung zurück. Der Art ist das regelmässige Ergebniss des Versuches; und wir finden somit als Folge der Reizung eine positive Schwankung des Stromes mit negativem Vorschlage, die wir kurz als Doppelschwankung bezeichnen wollen.

Wiederholen wir dieselben Reizversuche mit Compensation des ursprünglichen aufsteigenden Stromes, so erhalten wir die nämlichen Resultate. Wir haben es demnach sicher auch mit Veränderungen der Kraft, d. h. mit Veränderungen des Spannungsunterschiedes der abgeleiteten Punkte, nicht etwa blos mit Widerstandsveränderungen des Blattes zu thun. Wie weit die

anfängliche Abnahme der Kraft sich erstreckt, darüber lässt sich Nichts ermitteln, weil der negative Vorschlag zu rasch vorübergeht, als dass man von Neuem compensiren könnte. Dagegen lässt sich eine neue Compensation erzielen, wenn die positive Schwankung auf ihrem Maximum oder nahe demselben sich befindet; und ich habe dann in den bestgelungenen Versuchen die Kraft um mehr als die Hälfte erhöht gefunden. Wenn also auch die Erscheinungsweise unserer Doppelschwankung von Widerstandsveränderungen des Blattes beeinflusst sein mag, so steht doch fest, dass ihr Veränderungen der Kraft zu Grunde liegen der Art, dass die Kraft zuerst sehr rasch sinkt, dann rasch sich wiederherstellt und noch beträchtlich steigt, um schliesslich langsam auf ihre ursprüngliche Grösse abzunehmen.

Auf eine ganz unerwartete Weise gelangen wir aber zu einer noch viel vollkommeneren Einsicht. Oft bleibt nämlich nach der Reizung nicht nur die Schliessung, sondern selbst jede geringste Bewegung des Blattes aus, und doch sieht der Beobachter am Fernrohre die elektrischen Erscheinungen wie sonst eintreten. So häufig ist das Vorkommniss, dass ich mindestens ebenso viele Versuche ohne Schliessung, wie mit Schliessung des Blattes angestellt habe: während manchmal sogleich auf die erste Reizung das Blatt zuging, ist andere Male erst der 2., 3. bis 7. Reizung die Schliessung gefolgt, hin und wieder, nachdem auf die vorletzte Reizung eine unvollkommene Schliessung sich eingestellt hatte. Ob nun das Blatt sich bewegt oder nicht, ob es sich unvollkommen oder vollkommen schliesst, immer kommt bei den vorbehandelten Versuchen unsere Doppelschwankung in der gleichen Weise zur Beobachtung; und immer sehen wir bei der wiederholten Reizung desselben Blattes, mögen wir jedesmal compensirt haben oder jedesmal nicht compensirt haben, oder mögen wir abwechselnd mit und ohne Compensation geprüft haben, die Erfolge der verschiedenen Reizungen nur unbedeutend, nur um wenige Scalentheile in der Grösse des negativen Vorschlages oder der positiven Schwankung, und dabei noch in unregelmässiger Weise sich von ein-

ander unterscheiden. Es geht daraus klar hervor, dass die ganze Doppelschwankung, wie sie sich uns darstellt, ohne Fehler als eine Schwankung der Kraft aufzufassen ist; denn sowohl die Formveränderung des Blattes wie auch eine etwaige Veränderung seines eigenthümlichen Widerstandes muss nach jenen Ergebnissen ohne alle Bedeutung sein gegenüber der Veränderung der Kraft.

Unwillkürlich drängt sich anfangs, wenn man die elektrischen Erscheinungen ohne die Reizbewegung ablaufen sieht, die Vermuthung auf, dass doch nur eine Verrückung des Blattes auf den Elektroden die Ursache der Erscheinungen sei. Aber die Vermuthung ist mit vollster Sicherheit zurückzuweisen. Wie ich schon gesagt habe, findet man blos Erschütterungen des Blattes, welche das Blatt sichtbar aus seiner Lage bringen, von Einfluss auf die Spiegelstellung, und derartige Erschütterungen kamen bei den besprochenen Versuchen nicht vor. Während ferner in Folge der Verschiebung des Blattes immer nur einfache Schwankungen auftreten, handelt es sich bei unseren Versuchen immer um Doppelschwankungen. Weiter erfolgen die Ausschläge des Spiegels in Folge der Verschiebung des Blattes ganz unregelmässig bald nach der einen bald nach der anderen Seite hin, und bei unseren Versuchen ist die Bewegungsrichtung des Spiegels eine constante in Bezug auf die ursprüngliche Ablenkung. Endlich ist es auch gar nicht denkbar, dass bei wiederholter Reizung des Blattes, zumal wenn wir abwechselnd compensiren und nicht compensiren, in Folge von Erschütterungen immer dieselben Erfolge eintreten sollten, wie wir es doch gefunden haben. Die Vermuthung, welche wir somit als abgethan betrachten dürfen, wird denn auch jeder Schritt in der Folge nur von Neuem widerlegen, und wir werden sogar den Grund für das Ausbleiben der Reizbewegung im geraden Gegensatze zu der Vermuthung stehen sehen.

Wir setzen nunmehr die Reizversuche fort, indem wir die Thonspitzen zwei Punkte der Mittelrippe berühren lassen, welche beide der vorderen oder beide der hinteren Hälfte der Mittelrippe angehören, so dass die Kraft im ersteren Falle aufsteigend, im letzteren Falle absteigend ist. Auch hier stellt

sich in Folge der Reizung regelmässig unsere Doppelschwankung ein und nimmt denselben zeitlichen Verlauf, wie bei den früheren Versuchen. Bei bestehender aufsteigender Kraft erfolgt der Vorschlag im Sinne einer absteigenden und die Schwankung im Sinne einer aufsteigenden Kraft; bei bestehender absteigender Kraft ist das Umgekehrte der Fall, der Vorschlag erfolgt im Sinne einer aufsteigenden und die Schwankung im Sinne einer absteigenden Kraft: so dass der Vorschlag immer negativ und die Schwankung immer positiv ist in Bezug auf die bestehende Kraft. Auch hier wiederum finden wir die ganze Doppelschwankung als eine Schwankung der Kraft aufzufassen, da die Ergebnisse der Versuche, mag compensirt worden sein oder nicht, mag das Blatt sich geschlossen haben oder jede Bewegung des Blattes ausgeblieben sein, immer gerade so, wie früher, übereinstimmen.

Nur in der Grösse des Vorschlages und der Schwankung stellen sich Verschiedenheiten bei den verschiedenen Ableitungsweisen heraus. Zwar sind Vorschlag und Schwankung bei jeder einzelnen Ableitungsweise an den verschiedenen Blättern von vielfach wechselnder Grösse und bieten nirgends constante Beziehungen zu der ursprünglichen Ablenkung dar. Aber trotz allem Wechsel bleibt kein Zweifel, dass der Vorschlag bei der Ableitung von den beiden Enden der Mittelrippe im Durchschnitte kleiner ist als da, wo die Ableitung von der vorderen Hälfte der Mittelrippe geschieht, und hier wiederum kleiner ist als bei der Ableitung von der hinteren Hälfte der Mittelrippe. Während der aufsteigende Strom im ersten Falle in der Regel um weniger, oft sogar um viel weniger als ein Drittel erniedrigt wird, nimmt er im zweiten Falle sehr häufig auf die Hälfte und öfters noch weiter ab; und noch grösser ist die Abnahme des absteigenden Stromes im dritten Falle, wo es sogar nichts Seltenes ist, dass man den (aperiodischen) Spiegel zum Nullpunkte zurückkehren oder noch um einige Scalentheile den Nullpunkt überschreiten sieht: so dass hier der negative Vorschlag wirklich zur Umkehr der ursprünglichen Kraft, zum Auftreten einer aufsteigenden Kraft führt. Gerade entgegengesetzt verhält sich dann die positive Schwan-

kung: dieselbe ist am kleinsten bei Ableitung von der hinteren Hälfte, grösser bei Ableitung von der vorderen Hälfte und am grössten bei Ableitung von beiden Enden der Mittelrippe. Dem entsprechend sehen wir, während Vorschlag und Schwankung bei Ableitung von der vorderen Hälfte der Mittelrippe von ohngefähr gleicher Grösse sind, bei Ableitung von der hinteren Hälfte den Vorschlag, bei Ableitung von den Enden der Mittelrippe die Schwankung wesentlich überwiegen und oft ein Mehrfaches dort der Schwankung, hier des Vorschlages ausmachen.

Mit besonderem Interesse verfolgen wir noch, was sich ereignet, wenn die eine Thonspitze dem hinteren Ende und die andere Thonspitze einem Punkte etwas vor der Mitte der Mittelrippe angelagert ist, so dass von vorne herein gar keine oder nur eine höchst schwache ab- oder aufsteigende Kraft vorhanden ist. Der Reizung folgt hier immer zuerst ein sehr rascher Ausschlag des Spiegels, der eine ziemlich starke aufsteigende Kraft anzeigt; dann schwingt der Spiegel etwas langsamer, aber immer noch rasch, nach der entgegengesetzten Seite hin, nur weniger und höchstens halb so weit über den Nullpunkt hinaus wie vorher, so dass eine wesentlich schwächere absteigende Kraft zu constatiren ist; und endlich kehrt der Spiegel langsam in die Anfangsstellung zurück. Man kann demnach sagen, dass hier die Doppelschwankung eintritt, wie wenn von vorne herein eine absteigende Kraft bestanden hätte.

Die Reihe unserer Prüfungen brauchte damit nicht abgeschlossen zu sein; denn durch unseren Fund, dass die elektrischen Erscheinungen nach der Reizung auch ohne die Schliessung des Blattes auftreten, sehen wir uns nicht, wie wir es anfangs glauben mussten, auf die Mittelrippe mit unseren Prüfungen beschränkt, sondern können auch noch die Blattflügel in den Bereich der Untersuchung ziehen. Aber ehe wir dazu übergehen, wollen wir unsere bisherigen Erfahrungen einer eingehenderen Betrachtung unterziehen.

Wie wir wissen, sind an der Mittelrippe, dort wo unsere Thonspitzen immer die Mittelrippe berühren, durch die Blattflügel-Parenchyme und das obere Mittelrippen-Parenchym, vor

deren positiven Querschnitten wir uns befinden, starke, in der vorderen Hälfte der Mittelrippe aufsteigende, in der hinteren Hälfte absteigende Kräfte bedingt; und schwächere Kräfte gleicher Richtung gesellen sich noch durch die Neigungsströme des Blattflügel-Parenchyms hinzu. Andererseits sind durch das untere Mittelrippen-Parenchym, vor dessen negativer Fläche wir uns befinden, überall an der Mittelrippe aufsteigende Kräfte gesetzt. Aus der algebraischen Summirung aller dieser Kräfte resultirt für die Mittelrippe, dass der positivste Punkt etwas über die Mitte derselben hinaus nach hinten verschoben ist und mit dem Wachsen des Abstandes von diesem Punkte die Positivität nach beiden Enden hin abnimmt, bis zum vorderen Ende weiter als bis zum hinteren Ende.

Nun kann die Doppelschwankung, welche wir der Reizung folgen sehen, nicht in einer Veränderung der Neigungsströme begründet sein; denn nicht blos wird durch die Schliessung des Blattes die Neigung, auf welche es ankommt, nicht gestört, sondern es zeigt sich auch das Auftreten jener Schwankung überhaupt gar nicht an eine Formveränderung des Blattes geknüpft. Ebensowenig kann aber unsere Doppelschwankung auf einer Veränderung der Spannungen beruhen, welche durch das untere Mittelrippen-Parenchym bedingt sind, da alsdann die elektrischen Erscheinungen nach der Reizung überall an der Mittelrippe gleichartig und ausser Beziehung zu der gerade bestehenden Richtung der Kraft sich hätten herausstellen müssen. Auf dem Wege der Ausschliessung finden wir demnach die Doppelschwankung denjenigen Kräften zuzuschreiben, welche durch die Blattflügel-Parenchyme und das obere Mittelrippen-Parenchym, in Folge der Negativität von deren Fläche gegen den Querschnitt, an der Mittelrippe gesetzt sind. Wie diese Kräfte in der vorderen und in der hinteren Hälfte der Mittelrippe entgegengesetzt gerichtet sind, so sehen wir auch die Doppelschwankung dort und hier in entgegengesetztem Sinne verlaufen, indem der negative Vorschlag dort absteigend, hier aufsteigend und die positive Schwankung dort aufsteigend, hier absteigend ist. Wir haben also, da Widerstandsveränderungen aller Art sicher keinen Einfluss üben, aus unserer Doppel-

schwankung zu schliessen, dass an den Blattflügel-Parenchymen und an dem oberen Mittelrippen-Parenchyme die Negativität der Fläche gegen den Querschnitt in Folge der Reizung zuerst sinkt, dann steigt und schliesslich wieder zur ursprünglichen Grösse abnimmt.

In voller Uebereinstimmung damit steht das Auftreten der Doppelschwankung in dem Falle, dass vom hinteren Ende der Mittelrippe und von einem Punkte etwas vor der Mitte derselben abgeleitet ist. Durch die vom unteren Mittelrippen-Parenchyme gesetzte Kraft sind hier die Kräfte, welche von den anderen wirksamen Parenchymen herrühren, nahezu oder gerade compensirt, und durch die Reizung wird die Compensation in der Art gestört, dass anfangs die erstere Kraft, später die letzteren Kräfte das Uebergewicht erlangen, bis endlich die Compensation sich wieder herstellt. Gewissermassen den Uebergang zu diesem Falle stellen diejenigen Fälle vor, in welchen bei Ableitung von der hinteren Hälfte der Mittelrippe und ursprünglicher absteigender Kraft der negative Vorschlag zur Umkehr der Kraft führt: auch hier handelt es sich offenbar nur um ein Hervortreten der durch das untere Mittelrippen-Parenchym gesetzten Kraft in Folge der Schwächung der anderen Kräfte, und die Annahme, dass die Spannungen an den Blattflügel-Parenchymen und an dem oberen Mittelrippen-Parenchyme wirklich sich umkehrten, die Fläche dieser Parenchyme positiv würde gegen den Querschnitt, wäre durchaus unzulässig.

Verständlich ist es dann auch sogleich, dass der negative Vorschlag bei Ableitung von der hinteren Hälfte der Mittelrippe grösser ist, als bei Ableitung von der vorderen Hälfte, da in dem ursprünglichen ab- resp. aufsteigenden Strome die durch die Reizung schwankenden Kräfte im ersteren Falle verkleinert zum Ausdrucke kommen, im letzteren Falle vergrössert durch die vom unteren Mittelrippen-Parenchyme herrührende Kraft, welche selber nicht der Veränderung unterliegt. Dagegen bleibt es unklar, dass nicht das Gleiche auch für die positive Schwankung gilt und diese vielmehr im ersteren Falle noch kleiner ist als im letzteren Falle. Ebenso ist es nicht

einzusehen, weshalb die positive Schwankung da, wo ursprünglich gar kein Strom vorhanden ist, vom negativen Vorschlage immer so auffällig an Grösse übertroffen wird. Vollends entziehen sich dem Verständnisse der Erfolg der Versuche mit Ableitung von den beiden Enden der Mittelrippe und die Beziehung, in welcher dieser Erfolg zu den Erfolgen der Versuche mit andersartiger Ableitung steht. Mit alledem sehen wir Schwierigkeiten gegeben, welche bei dem jetzigen Stande unserer Einsicht sich nicht überwinden lassen.

Es scheint danach nicht anders sein zu können, als dass die Doppelschwankung doch noch verwickeltere Vorgänge im Blatte anzeigt, als wir es bisher angenommen haben; und es liegt am nächsten, dass wir uns von den Ergebnissen der Versuche mit Ableitung von den Mittelrippen-Enden leiten lassen und dem unteren Mittelrippen-Parenchyme gleichfalls eine Rolle für die Doppelschwankung zuerkennen. Lassen wir auch an diesem Parenchyme die Negativität der Fläche gegen den Querschnitt in Folge der Reizung solche Veränderungen wie an den anderen wirksamen Parenchymen erfahren, mit dem Unterschiede nur, dass, während bei den letzteren Parenchymen Sinken und Steigen von etwa gleicher Grösse sind, bei dem unteren Mittelrippen-Parenchyme das anfängliche Sinken an Grösse sehr zurücksteht gegen das nachmalige Steigen, so scheinen alle Schwierigkeiten mit Einem Schlage beseitigt. Doch nicht so ohne Weiteres dürfen wir zu diesem Auskunftsmittel greifen. Hin und wieder geht, was ich, um die Darlegung zu vereinfachen, bisher verschwiegen habe, bei den besprochenen Reizversuchen, gleichviel wo die Ableitung geschieht, dem negativen Vorschlage noch ein positiver Vorschlag vorher, so dass eine complicirte Schwankung, wie ich sie nennen will, an die Stelle der Doppelschwankung tritt: und diese Erfahrung würde bei der eben vervollkommneten Einsicht noch mindestens ebenso unverständlich wie vorher sein. Ausserdem muss Folgendes ganz besonders in's Gewicht fallen. Als es sich oben ergeben hatte, dass an den Blattflügel-Parenchymen und an dem oberen Mittelrippen-Parenchyme die Negativität der Fläche gegen den Querschnitt in Folge

der Reizung zuerst sinkt, dann steigt und schliesslich wieder zur ursprünglichen Grösse abnimmt, konnte, da Widerstandsveränderungen aller Art am Blatte ausgeschlossen waren, Nichts dem im Wege zu stehen scheinen, dass wir die entsprechenden Veränderungen auch für die Zellen in Anspruch nahmen, welche jene Parenchyme constituiren. Trotzdem haben wir vorsichtiger Weise diesen letzten Schluss nicht gezogen, weil für die einzelne Parenchymzelle die anfängliche Abnahme und die nachmalige Zunahme der Negativität ihrer Mitte gegen ihre Pole einen verwickelten Vorgang abgeben, zu dessen Annahme man sich nicht eher entschliessen darf, als jede Möglichkeit eines einfachen Vorganges, einer blossen Abnahme oder einer blossen Zunahme, sicher fortgefallen ist. Sollte nun aber wirklich, wie wir es vermuthen dürfen, ein einfacher Vorgang an den betreffenden Parenchymzellen der Doppelschwankung zu Grunde liegen, so wäre es sogar denkbar, dass die vorher unverständlichen Erfahrungen schon dadurch allein ihre Erklärung fänden. Bevor wir also die Bedeutung des unteren Mittelrippen-Parenchyms, die nach dem Dargelegten immer nur eine untergeordnete sein kann gegenüber der Bedeutung der anderen wirksamen Parenchyme, mit Sicherheit zu ermessen vermögen, müssen wir über die Vorgänge an den Blattflügel-Parenchymen und an dem oberen Mittelrippen-Parenchyme noch mehr in's Klare gekommen sein. Es gilt daher vor Allem zu untersuchen, ob nicht unsere Doppelschwankung der Ausdruck einfacher elektrischer Vorgänge an den Zellen der letztgenannten Parenchyme ist.

Worauf man zunächst verfällt, ist die Vermuthung, dass die Doppelschwankung darauf zurückzuführen sei, dass ein einfacher elektrischer Vorgang an den Zellen, wenn auch sonst gleichmässig, doch ungleichzeitig verlaufe, weil er der Fortpflanzung von dem Orte der Reizung aus bedarf. In der That ist leicht zu übersehen, dass, wenn die Dauer des Vorganges nur klein wäre und die Fortpflanzung desselben langsam erfolgte, eine Doppelschwankung, wie wir sie gefunden haben, unter Umständen zur Beobachtung kommen müsste, wenn auch in Folge der Reizung blos eine Abnahme oder blos eine

Zunahme der Negativität der Mitte der Zellen gegen ihre Pole einträte, wenn auch, wie wir kurz sagen wollen, die Zellen blos eine negative oder blos eine positive Schwankung erführen. Im Falle z. B. einer negativen Schwankung der Zellen würde alsdann eine positive Schwankung mit negativem Vorschlage zur Erscheinung kommen, wenn wir bei Ableitung von zwei Punkten der hinteren Hälfte der Mittelrippe am vorderen Ende oder bei Ableitung von zwei Punkten der vorderen Hälfte der Mittelrippe am hinteren Ende des Blattes reizten; und dasselbe würde im Falle einer positiven Schwankung der Zellen statthaben, sobald wir bei Ableitung von der vorderen Hälfte der Mittelrippe am vorderen oder bei Ableitung von der hinteren Hälfte der Mittelrippe am hinteren Ende des Blattes die Reizung vornähmen. Aber zugleich übersieht man, dass alsdann unter anderen Umständen, so wenn man in den gewählten Beispielen jedes Mal am hinteren, statt am vorderen, resp. am vorderen, statt am hinteren Ende des Blattes reizte, gerade die umgekehrte Doppelschwankung auftreten müsste, eine negative Schwankung nämlich mit positivem Vorschlage. Die Doppelschwankung würde danach in zweierlei Form sich uns darbieten und in ihrer jedesmaligen Form vom Orte der Reizung abhängig sich herausstellen müssen; auch würde sie, wie sich weiter ergiebt, in ihrer Erscheinungsweise beeinflusst sein müssen von dem Abstande der Elektroden, indem mit der Verringerung dieses Abstandes der Vorschlag an Grösse immer mehr gegen die Schwankung zurücktreten müsste. Alles dies trifft aber für unsere Doppelschwankung nicht zu, und deshalb kann von der Vermuthung, um die es sich handelt, nicht weiter die Rede sein.

Was die Frage nach der Erscheinungsweise unserer Doppelschwankung bei wechselndem Orte der Reizung anbetrifft, so habe ich derselben wegen einer von Hrn. Sanderson gemachten Angabe eine ganz besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Auf Grund der oben S. 169 besprochenen Bemerkung Hrn. Sanderson's, dass die Nadel weiter nach links zur Ruhe komme als zuvor, glaube ich nämlich annehmen zu dürfen, dass Hr. Sanderson den Erfolg der Reizung, wenigstens bei

seinen ersten Versuchen, richtig beobachtet und nur seine Beobachtungen durchaus missverstanden hat, indem er, voreingenommen für die Uebereinstimmung der elektrischen Erscheinungen bei der „Contraction“ des Blattes und des Muskels, eine negative Schwankung da zu sehen vermeinte, wo in der Wirklichkeit eine positive Schwankung mit negativem Vorschlage sich zeigte. Wenn dem so ist, würde Hrn. Sanderson auch unsere complicirte Schwankung, welche ich vorhin erwähnte, aufgestossen sein in den Fällen, wo er seiner negativen Schwankung einen leichten positiven Ausschlag vorausgehen lässt[1]. Aber das Auftreten dieser complicirten Schwankung würde dann nach Hrn. Sanderson's Angabe eigenthümlich sein der Reizung des Blattes an „einer dem Stiele zunächst gelegenen Stelle der mittleren Partie“, während bei der Wahl anderer Reizungsstellen nur unsere Doppelschwankung zur Beobachtung käme[1]. Wäre nun der Erfolg der Reizung wirklich derart vom Orte der Reizung abhängig, es würde für die vorbesprochene Vermuthung doch Nichts weiter zu besagen haben, weil es sich hier nur um die complicirte Schwankung gegenüber der Doppelschwankung, nicht um verschiedene Formen der Doppelschwankung selber handelt; überdies würde, beiläufig bemerkt, schon die Existenz der complicirten Schwankung für sich allein ausreichend jene Vermuthung widerlegen. Allein Hrn. Sanderson's Angabe ist auch geradezu unrichtig. Ich habe bei Ableitung von den beiden Enden der Mittelrippe auf Bewegung des vordersten Haares — solche Reizung hat auch Hr. Sanderson gemeint — in der Regel unsere Doppelschwankung erhalten, und die complicirte Schwankung ist mir hier durchaus nicht öfter vorgekommen, als nach der Bewegung anderer Haare, welcher ich sie also gleichfalls habe folgen sehen. Ich habe es ferner ziemlich häufig beobachtet, dass bei mehrmaliger Reizung desselben Blattes, wenn die Reizung immer an demselben, gleichviel welchem, Haare statthatte, ein einzelnes Mal die complicirte Schwankung eintrat, während die anderen Male immer Doppelschwankungen sich einstellten. Endlich habe

1) S. oben S. 168.

ich bei Ableitung sowohl von den beiden Enden wie von den verschiedensten anderen Punkten der Mittelrippe, wie auch, um dies sogleich vorwegzunehmen, bei Ableitung von den Blattflügeln systematisch mit dem Orte der Reizung gewechselt, oft an einem und demselben Blatte, wenn die Reizungen nicht zur Schliessung des Blattes führten; und ich habe gefunden, dass, mochte das vordere oder das hintere oder das mittlere Haar an dem einen oder an dem anderen Blattflügel bewegt sein, die Erfolge der verschiedenen Reizungen doch nur ebensowenig und ebenso unregelmässig von einander abwichen, wie es bei stets gleichem Reizungsorte der Fall ist. Danach kann weder die complicirte Schwankung in irgend einer Beziehung zum Orte der Reizung stehen, noch kann überhaupt von diesem Orte der Erfolg der Reizung, innerhalb der Genauigkeitsgrenzen unserer Untersuchung, irgendwie abhängig sein.

Es bietet sich nun noch eine andere Möglichkeit dar, wie die Doppelschwankung auf einem einfachen elektrischen Vorgange an den Zellen beruhen könnte, die nämlich, dass der eine Theil der Zellen eine positive und der andere Theil eine negative Schwankung in Folge der Reizung erführe. Natürlich könnten die Zellenpartieen verschiedenen Verhaltens weder nach der Länge noch nach der Breite des Blattes aneinandergereiht sein, sondern sie müssten in der Dicke des Blattes neben einander liegen; und die Doppelschwankung liesse sich dann aus zwei Einzelschwankungen entstanden denken, etwa in der Art, wie es Fig. 29 zeigt, in welcher die ausgezogene Curve die Resultirende der beiden gestrichelten Curven ist. Allerdings hätte bei jedem anderen Körper von durchweg gleichem Baue der Gedanke an die Möglichkeit etwas Ungereimtes und von vorne herein Widerstehendes. Aber hier, wo wir das Blattflügel-Parenchym, trotz allem Fehlen unterscheidender anatomischer Merkmale, in seinen beiden Hälften doch in gewisser Hinsicht physiologisch ungleichwerthig erkannt haben, wo wir das obere Blattflügel-Parenchym (die obere Hälfte) mit dem oberen Mittelrippen-Parenchyme rücksichtlich der Empfindlichkeit und rücksichtlich der Leistungen bei der Reizbewegung so sehr haben abweichen sehen von dem unteren

Blattflügel-Parenchyme (der unteren Hälfte) mit dem unteren Mittelrippen-Parenchyme, ist die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, dass auch in elektrischer Beziehung nach der Reizung die ersteren Parenchyme anders sich verhalten als die letzteren.

Wir sehen denn auch sogleich gewichtig für die Möglichkeit sprechen das Auftreten der complicirten Schwankung neben der Doppelschwankung. Während, wenn alle Zellen erst eine negative und dann eine positive Schwankung erführen, das Vorkommen der complicirten Schwankung durchaus unverständlich wäre, lässt sich nicht nur diese Schwankung ohne Weiteres als die Resultirende einer positiven und einer negativen Einzelschwankung begreifen, wie es in Fig. 31 die ausgezogene Curve erläutert als entstanden durch die algebraische Summation der beiden gestrichelten Curven, sondern es ist auch leicht zu übersehen, wie in Folge blos eines verschiedenen zeitlichen Verlaufes der beiden Einzelschwankungen aus diesen das eine Mal die Doppelschwankung, das andere Mal die complicirte Schwankung hervorgehen kann. Aber eine noch viel werthvollere Stütze giebt sich uns in der complicirten Schwankung zu erkennen, wenn wir ihr Auftreten und ihre Erscheinungsweise in einer gewissen Verbindung mit den Doppelschwankungen näher in's Auge fassen.

Es ist eine anfangs ganz räthselhafte Erfahrung bei unseren obigen Reizversuchen, dass die sehr reizbaren Blätter, welche man mit Vorliebe für diese Versuche verwendet, und welche auch vorher und nachher, wenn man sie ohne Beachtung der elektrischen Erscheinungen prüft, jede Reizung mit ihrer Schliessung beantworten, bei jenen Versuchen selbst so oft die Reizbewegung vermissen lassen oder nur eine unvollkommene Schliessung zeigen. Doch ist eine einfache Ueberlegung das Räthsel zu lösen im Stande. Damit die Schliessung eintrete, ist offenbar nicht nur eine Reizung überhaupt, sondern auch eine gewisse Grösse der Reizung erforderlich. Nun kommt es für gewöhnlich, wenn man das Blatt zur Schliessung bringen will, gar nicht darauf an, ob das Blatt selbst dabei bewegt wird oder nicht, man braucht den Angriff auf das Haar des-

halb nicht sorgfältig abzumessen, und man reizt daher in der Regel sogleich ausreichend stark. Bei den obigen Reizversuchen dagegen bringt der Umstand, dass jede Erschütterung des Blattes vermieden werden muss, es mit sich, dass man äusserst behutsam das Haar bewegt; und deshalb ist die Reizung oft anfangs zu schwach, deshalb bleibt oft die Schliessung ganz aus oder kommt nur unvollkommen zu Stande. Das Auftreten und das Ausbleiben der Reizbewegung zeigen also bei unseren obigen Reizversuchen, bei der wiederholten Reizung desselben Blattes, die grössere resp. geringere Stärke der Reizung an, gerade so wie sie sonst, bei etwa gleicher Reizstärke, die grössere resp. geringere Reizbarkeit der Blätter kundthun.

In den Fällen der wiederholten Reizung desselben Blattes muss es sich danach herausstellen, welchen Einfluss die Stärke der Reizung auf unsere Doppelschwankung hat, wenn wir die mit der Reizbewegung verbundenen elektrischen Erscheinungen mit den ohne die Reizbewegung ablaufenden vergleichen. Bei einer früheren Betrachtung der betreffenden Versuche (S. 173) habe ich gesagt, dass die Erfolge aller der verschiedenen Reizungen nur unbedeutend, nur um wenige Scalentheile in der Grösse des negativen Vorschlages oder der positiven Schwankung, und dabei noch in unregelmässiger Weise sich unterscheiden. Das bedarf aber jetzt einer Berichtigung insofern, als bei genauer Musterung doch gerade in Bezug auf das, was uns augenblicklich interessirt, eine Besonderheit in den Versuchsergebnissen sich findet. Wo nämlich die Reizbewegung eintritt, zeigt sich bald blos der negative Vorschlag, bald blos die positive Schwankung, bald zeigen sich beide verändert, und zwar ist dann der Vorschlag ebensogross oder grösser, die Schwankung ebensogross oder kleiner, als da, wo das Blatt in Ruhe verharrt; nie aber ist im ersteren Falle der Vorschlag kleiner oder die Schwankung grösser, als im letzteren Falle. Hin und wieder kommt es bei Versuchen, welche nur aus einer Reizung ohne Schliessung und einer Reizung mit Schliessung sich zusammensetzen, wohl vor, dass bei der letzteren Reizung der zuerst kleine Vorschlag bis auf das Doppelte vergrössert oder die zuerst grosse Schwankung bis auf ein Viertel verkleinert

erscheint; allein das sind Ausnahmefälle, und in der Regel handelt es sich blos um wenige Scalentheile. Die Versuche mit öfters wiederholter Reizung ohne Schliessung lehren auch, dass auf die Grösse der Veränderung kein Gewicht gelegt werden darf, da hier bei den verschiedenen Reizungen ohne Schliessung oft ebensogrosse und noch grössere Unterschiede in der Grösse des Vorschlages und der Schwankung vorkommen, als sie die Reizung mit Schliessung den Reizungen ohne Schliessung gegenüber darbietet. Charakteristisch ist vielmehr nur, dass die mit der Schliessung verknüpften Veränderungen der Doppelschwankung immer in einer Vergrösserung des Vorschlages oder in einer Verkleinerung der Schwankung oder in jener Vergrösserung und dieser Verkleinerung zugleich bestehen, nie aber umgekehrt als eine Verkleinerung des Vorschlages oder eine Vergrösserung der Schwankung sich darstellen. Diese Erfahrung, so regelmässig in so vielen Versuchen wiederkehrend, kann kein blosser Zufall sein; und die Abhängigkeit der Doppelschwankung von der Stärke der Reizung ist somit dahin auszusprechen, dass mit dem Wachsen der Reizung entweder der Vorschlag oder die Schwankung oder beide zugleich derart sich verändern, dass der Vorschlag grösser, die Schwankung aber kleiner wird.

Da die Erscheinung der Doppelschwankung im Ganzen als vom Widerstande unabhängig erwiesen ist, und da die geschilderten Versuchsergebnisse sowohl mit wie ohne Compensation wie auch mit Wechsel von Compensation und Nichtcompensation in gleicher Weise erhalten werden, können Widerstandsveränderungen am Blatte unserer Erfahrung nicht zu Grunde liegen; und es ist die gefundene Abhängigkeit der Doppelschwankung ebenso auf die Kräfte der Parenchyme und ihrer Zellen zu beziehen, wie die Doppelschwankung selber. Daraus erwachsen aber neue und unüberwindliche Schwierigkeiten für die Vorstellung, dass alle wirksamen Zellen erst eine negative und dann eine positive Schwankung erfahren. Denn es widerstrebt die Annahme, dass mit dem Wachsen der Reizung die negative Schwankung der Zellen gleichfalls wachsen, ihre positive Schwankung aber

abnehmen solle; und giebt man dieses selbst zu, so bleibt es doch ganz unerklärlich, dass unter Umständen mit wachsender Reizung nur die eine oder nur die andere Schwankung sich verändern solle. Im Gegensatze dazu ist auf Grund der anderen Möglichkeit, dass die eine Hälfte der Zellen in der Dicke des Blattes eine negative und die andere Hälfte der Zellen eine positive Schwankung erfahre, das Verständniss der gefundenen Abhängigkeit leicht zu gewinnen. Beide Einzelschwankungen können dann naturgemäss mit der Reizung wachsen, und nur ihr zeitlicher Verlauf braucht mit wachsender Reizung derart verschieden sich zu verändern, dass die positive Einzelschwankung rascher an Steilheit des Ansteigens zunimmt als die negative Einzelschwankung und mithin das Maximum der ersteren Schwankung dem der letzteren sich immer mehr nähert. Auch die Abhängigkeit der Doppelschwankungen von der Stärke der Reizung sehen wir also ein bedeutsames Moment zu Gunsten der letzteren Möglichkeit abgeben, und das Gewicht, welches dieses Moment schon im Augenblicke hat, wird durch die nächste Folge noch wesentlich vergrössert werden.

Betrachten wir nämlich jetzt die complicirte Schwankung näher. Ich habe sie der Doppelschwankung gegenüber bisher nur dadurch charakterisirt, dass dem negativen Vorschlage noch ein positiver Vorschlag voraufgeht. Aber ausserdem ist sie noch in zweierlei Weise ausgezeichnet. Erstens ist ihr Auftreten immer und ausnahmslos mit der Schliessung des Blattes verknüpft. Ich habe sie in ca. 10 % der Fälle, in welchen die Reizung zur Schliessung des Blattes führte, beobachtet, und nie ist sie mir vorgekommen, wenn das Blatt in Ruhe blieb oder sich nur unvollkommen schloss. Zweitens sind bei ihr die Maxima der Vorschläge wie der Schwankung viel kleiner als die Maxima des Vorschlages und der Schwankung bei der Doppelschwankung, wie mit besonderer Sicherheit zu constatiren ist, wenn man in Versuchsreihen mit wiederholter Reizung zuletzt die complicirte Schwankung erhält. Im Uebrigen ist das Verhalten der complicirten Schwankung ein vielfach verschiedenes. Am häufigsten stellt sie sich etwa so dar, wie es die ausgezogene Curve Fig. 31 zeigt: die beiden Vorschläge

sind von ohngefähr gleicher Grösse und Dauer, und von wiederum etwa gleicher Grösse, aber längerer Dauer ist dann die positive Schwankung, bei welcher der Spiegel manchmal eine Weile auf dem Maximum der Ablenkung verharrt. Es kommt aber auch häufig vor, dass der negative Vorschlag wesentlich kleiner als der positive Vorschlag ist, und ich habe in seltenen Fällen den ersteren sogar ganz ausfallen sehen, indem der Spiegel, vom positiven Vorschlage zur Anfangsstellung zurückgekehrt, unmittelbar nochmals in positivem Sinne abgelenkt wurde. Das Maximum der positiven Schwankung habe ich öfters auch das des positiven Vorschlages übertreffen, selten hinter dem letzteren zurückbleiben sehen.

Diese Erscheinungsweise der complicirten Schwankung und ihr ausschliessliches Auftreten in Verbindung mit der Schliessung des Blattes, wodurch sie als die Folge einer starken Reizung gekennzeichnet ist, liefern offenbar, so gut wir es nur wünschen konnten, den Beweis für die Richtigkeit der Vorstellung, welche wir von den Veränderungen der Doppelschwankung mit wachsender Reizung vorhin gewonnen haben. Indem die beiden Einzelschwankungen immer weiter wachsen, zugleich aber die positive Einzelschwankung immer rascher an Steilheit zunimmt als die negative, muss schliesslich an die Stelle der Doppelschwankung eine andere Schwankungsform treten mit eben den Eigenschaften, welche wir an unserer complicirten Schwankung wahrgenommen haben. Und damit ist zugleich die complicirte Schwankung ihrerseits vollkommen verständlich geworden als das Endglied der Reihe von Doppelschwankungen bei wachsender Reizung.[1]) Die ganze Summe von Erfahrungen, welche wir behandelten, seit wir die Möglichkeit in Betracht zogen, dass die eine Hälfte der Zellen eine

---

1) Die Figg. 29, 30 und 31 veranschaulichen die zur Beobachtung kommenden Schwankungen und deren Entstehung aus den Einzelschwankungen, bei wachsender Reizung. Die ursprüngliche Kraft ist durch die der Abscissenaxe parallele punktirte Gerade angezeigt. Die Verdickung der Abscissenaxe in Fig. 30 zeichnet die Zeit aus, zu welcher neben den elektrischen Veränderungen auch die Reizbewegung erfolgt (s. unten S. 199).

positive und die andere Hälfte eine negative Schwankung erfahre, hat also auf Grund dieser Annahme ihre einheitliche und einfache Erklärung gefunden, während dieselbe bei der anderen Annahme, dass alle Zellen erst eine negative und dann eine positive Schwankung erfahren, in jedem Stücke sich dem Verständnisse entzieht. Von der letzteren Annahme ist mithin abzusehen, und nur die erstere Annahme kann der Wirklichkeit entsprechen.

Zu demselben Resultate gelangen wir auch auf einem anderen Wege, wenn wir nämlich die Folgen der Reizung an den Blattflügeln untersuchen, was wir so lange verschoben haben.

Berühren unsere Thonspitzen an der unteren Fläche des Blattflügels zwei in derselben Querlinie nach innen von der Haupt-Längslinie gelegene Punkte, so tritt auf Reizung eine reine positive Schwankung ein, oder es geht der positiven Schwankung höchstens ein spurweiser negativer Vorschlag, ein Zucken des Spiegels in negativem Sinne, voraus. Die positive Schwankung erscheint dabei desto grösser, je grösser der Abstand der Elektroden und damit die ursprüngliche Ablenkung ist, und erhöht die letztere um ca. $^1/_3$—$^2/_3$. Sind die berührten Punkte der unteren Fläche des Blattflügels zu beiden Seiten der Haupt-Längslinie gelegen, so verhält sich Alles gerade so, wie wenn es sich um zwei Punkte gleicher Spannungsdifferenz auf der inneren Seite der Haupt-Längslinie handelte. Bei Ableitung endlich von einem der Haupt-Längslinie nahen Punkte der unteren Fläche des Blattflügels und dem derselben Querlinie zugehörigen Punkte der Mittelrippe, dort wo wir die Mittelrippe immer berühren, stellt sich regelmässig deutlich unsere Doppelschwankung ein, doch beträgt der negative Vorschlag nur 1—3 Sc., selten noch etwas mehr und ist somit auffallend klein gegenüber der ursprünglichen grossen Ablenkung; die positive Schwankung erhöht hier diese Ablenkung mindestens um die Hälfte, oft auf das Doppelte.

Ich brauche es wohl nicht als eine unumgängliche Bedingung dieser Versuche noch besonders hervorzuheben, dass die Reizbewegung ausbleiben muss. In günstigen Fällen lässt sich

derselbe Versuch fünfmal und öfter anstellen, ehe das Blatt sich schliesst, und man sieht alsdann die Folgen der verschiedenen Reizungen, selbst wenn man abwechselnd compensirt und nicht compensirt, nur so unbedeutend von einander abweichen wie bei den früheren Reizversuchen. Schliesst sich endlich das Blatt, so hat man aus Gründen, die wir später werden kennen lernen, noch Gelegenheit zu beobachten, dass der negative Vorschlag dieses Mal ein wenig grösser als bei den voraufgegangenen Reizungen ist; ein positiver Vorschlag vor dem negativen ist mir hier nie vorgekommen.

Die Ergebnisse dieser Versuche sind nun nach der einen Richtung hin ohne Weiteres und auf das Einfachste entscheidend. Wir haben jetzt das Verhalten der Kraft vor der Fläche des Blattflügel-Parenchyms, wie auch zwischen der Fläche und dem Querschnitte desselben Parenchyms geprüft; und wo die Ableitung von einem der Haupt-Längslinie nahen Punkte einer mittleren Querlinie und dem zugehörigen Punkte der Mittelrippe geschah, haben wir sogar das Verhalten der Spannungsdifferenz zwischen einem der negativsten Punkte vor der Fläche und einem der positivsten Punkte vor dem Querschnitte des Blattflügel-Parenchyms untersucht, einer Spannungsdifferenz, welche viel grösser ist als die grösste Spannungsdifferenz, welche vorher der Prüfung unterlag, als wir ausschliesslich von der Mittelrippe ableiteten. Wenn alle wirksamen Zellen in Folge der Reizung erst eine negative und dann eine positive Schwankung erführen, hätten mithin bei unseren neuen Versuchen ebensogrosse und noch grössere negative Vorschläge sich ergeben müssen, als bei unseren früheren Reizversuchen. Statt dessen hat sich neuerdings der negative Vorschlag ganz vermissen lassen, oder er ist nur spurweise und selbst im äussersten Falle in nur sehr geringer Grösse aufgetreten. Es kann danach kein Zweifel sein, dass die Annahme eines gleichen Vorganges an allen wirksamen Zellen, einer anfänglichen negativen und späteren positiven Schwankung derselben, unbedingt zu verwerfen ist.

Nach der anderen Richtung hin sprechen dieselben Ergebnisse sehr zu Gunsten der zweiten Möglichkeit, dass die

eine Hälfte der Zellen in der Dicke des Blattes eine negative und die andere Hälfte eine positive Schwankung erfährt, so zwar, dass die negative Schwankung an den oberen Hälften der Blattflügel-Parenchyme und an dem oberen Mittelrippen-Parenchyme, die positive Schwankung an den unteren Hälften der Blattflügel-Parenchyme sich vollzieht. Setzen wir den extremen Fall, dass die negative Schwankung zur Unwirksamkeit der von ihr betroffenen Parenchyme führt, so erläutern die Figg. 32 *a* und *b* (Taf. I.) an einem durch die Mittelrippe und die benachbarten Partieen der Blattflügel gelegten Querschnitte die Veränderungen, welche die Spannungen in den Querlinien der unteren Blattfläche in Folge der negativen Schwankung erfahren müssen. In Fig. 32*a* hat man vom Punkte *m* aus, wo unsere Elektroden immer die Mittelrippe berühren, den positiven (schraffirten) Gesammtquerschnitt der Blattflügel-Parenchyme und des oberen Mittelrippen-Parenchyms vor sich. Dagegen ist in Fig. 32*b* der positive Querschnitt der oberen Hälften der beiden Blattflügel-Parenchyme und des oberen Mittelrippen-Parenchyms fortgefallen, und blos unwirksamer Leiter erfüllt den Zwischenraum zwischen den unteren Hälften der beiden Blattflügel-Parenchyme. Im letzteren Falle ist, wie man sieht, der Punkt *m* nicht mehr der positivste Punkt der beiden Querlinien des Schnittes, sondern hat an Positivität gegen früher verloren, und der positivste Punkt der jederseitigen Querlinie ist jetzt nach aussen vom Punkte *m* gelegen. Nimmt man nun noch dazu, dass in der Wirklichkeit, während das obere Mittelrippen-Parenchym und die oberen Hälften der beiden Blattflügel-Parenchyme ein ununterbrochenes Ganzes bilden, dessen Zellen überall aneinanderstossen, zwischen die beiden Hälften jedes Blattflügel-Parenchyms, wenigstens stellenweise, unwirksamer Leiter in der Form der Seitennerven eingeschoben ist, so müssen auch jetzt an der unteren Fläche des Blattflügels die isoëlektrischen Curven gleicher Spannungsdifferenz spurweise weiter auseinanderfallen als vorher. In dieser Art müssen also jedesmal die Spannungen in den Querlinien der unteren Blattfläche durch die negative Schwankung sich verändern, nur in desto geringerem Grade,

je weiter die betroffenen Parenchyme von der Unwirksamkeit entfernt bleiben. Und damit stimmen die Ergebnisse unserer Versuche vortrefflich überein, da wir gar keinen oder nur einen spurweisen negativen Vorschlag bei Ableitung von dem Blattflügel allein fanden, einen etwas grösseren negativen Vorschlag aber, sobald die eine Elektrode die Mittelrippe berührte.

Auch dass der letztere Vorschlag immer viel kleiner war im Verhältniss zur ursprünglichen Ablenkung, als der Vorschlag bei Ableitung von zwei Punkten der Mittelrippe, lässt sich im Anschlusse an das eben Verhandelte sehr wohl verstehen. Die Abnahme der Kraft, welche bei Ableitung von einem Punkte des Blattflügels und dem derselben Querlinie zugehörigen Punkte der Mittelrippe durch die negative Schwankung der oberen Parenchymzellen herbeigeführt wird, ist offenbar zu vergleichen der Abnahme der Kraft, welche eintritt, wenn an der seitlichen Hälfte der Vorrichtung Fig. 19 ein ableitender Bogen mit seinem einen Fusspunkte auf der oberen Fläche (Fig. 19 *A*), mit seinem anderen Fusspunkte in derselben Querlinie auf dem äusseren Querschnitte (Fig. 19 *B*) und zwar über der Mitte des Zinks sich befindet und der letztere Fusspunkt, immer in der Querlinie, nach der unteren Fläche der Vorrichtung hin verschoben wird. Ebenso entspricht die Abnahme der Kraft, welche bei Ableitung von zwei Punkten der Mittelrippe durch die negative Schwankung der oberen Parenchymzellen bedingt ist, derjenigen Abnahme der Kraft, welche an der Vorrichtung Fig. 19 statthat, wenn wir einen ableitenden Bogen, dessen Fusspunkte in derselben Längslinie über der Mitte des Zinks am äusseren Querschnitte der Vorrichtung stehen, mit sich parallel nach der oberen oder der unteren Fläche der Vorrichtung hin verschieben. Für die gleiche Grösse der Verschiebung muss aber, wie die Betrachtung der Vorrichtung ohne Weiteres lehrt, die Abnahme der Kraft im letzteren Falle viel beträchtlicher sein als im ersteren Falle.

Zwei durchaus verschiedene Wege, die Verfolgung der Schwankungsformen an der Mittelrippe und ihrer Abhängigkeit von der Stärke der Reizung einerseits und die Prüfung

der Folgen der Reizung an den Blattflügeln andererseits, haben uns also zu ganz dem nämlichen Ziele geführt. Während es sich als unmöglich herausgestellt hat, dass die Zellen der Blattflügel-Parenchyme und des oberen Mittelrippen-Parenchyms in Folge der Reizung zuerst einer negativen und dann einer positiven Schwankung unterliegen, sind uns alle Erfahrungen, welche in Betracht kamen, verständlich geworden unter der Annahme, dass die eine Hälfte jener Zellen in der Dicke des Blattes mit einer negativen und die andere Hälfte mit einer positiven Schwankung die Reizung beantwortet. Auch hat sich noch auf dem zweiten Wege die Annahme in der wünschenswerthen Weise dahin präcisiren lassen, dass es die Zellen der oberen Hälften der Blattflügel-Parenchyme und des oberen Mittelrippen-Parenchyms sind, an welchen die negative Schwankung, und die Zellen der unteren Hälften der Blattflügel-Parenchyme, an welchen die positive Schwankung sich vollzieht. Dass derart wirklich die Zellen sich verhalten, hat sonach eine hohe Wahrscheinlichkeit für sich. Aber die Annahme hat noch eine Probe zu bestehen. Wir waren oben (S. 178) auf Schwierigkeiten gestossen, als wir unsere ersten, bei Ableitung von der Mittelrippe gemachten Erfahrungen damit zu erklären versuchten, dass an den Blattflügel-Parenchymen und an dem oberen Mittelrippen-Parenchyme die Negativität der Fläche gegen den Querschnitt in Folge der Reizung zuerst sinkt, dann steigt und schliesslich wieder zur ursprünglichen Grösse abnimmt. Allerdings bot sich uns dort der Ausweg dar, dass wir die gleichen Veränderungen auch dem unteren Mittelrippen-Parenchyme zuerkannten und nur bei diesem das anfängliche Sinken der Negativität an Grösse sehr zurückstehen liessen gegen das nachmalige Steigen. Allein dieser Ausweg erschien uns ungenügend, weil das Vorkommen der complicirten Schwankung unverständlich blieb, und zum Mindesten verfrüht, weil das Verhalten der Zellen der anderen wirksamen Parenchyme noch genauer zu erforschen war. Nunmehr, da das Letztere geschehen, müssen wir auf unsere ersten Erfahrungen zurückkommen und von unserem jetzigen Standpunkte, der jeden Gedanken an einen verwickelten elek-

trischen Vorgang am unteren Mittelrippen-Parenchyme unbedingt ausschliesst, das Verständniss jener Erfahrungen zu gewinnen suchen.

Ohne dass wir auch das untere Mittelrippen-Parenchym an der Doppelschwankung betheiligt sein lassen, kommen wir zu dem Verständnisse nicht. Doch ist auch Nichts natürlicher, als dass, wenn alle anderen wirksamen Parenchyme in Folge der Reizung Veränderungen erfahren, das untere Mittelrippen-Parenchym allein nicht unverändert bleibt; und Nichts liegt näher, als dass, wie die Zellen des oberen Mittelrippen-Parenchyms mit den Zellen der oberen Hälften der Blattflügel-Parenchyme der negativen, so die Zellen des unteren Mittelrippen-Parenchyms mit den Zellen der unteren Hälften der Blattflügel-Parenchyme der positiven Schwankung unterliegen. Der so naturgemäss erweiterten Annahme sehen wir dann aber die Erfahrungen, um die es uns eben zu thun ist, in der That sich fügen, sobald wir nur den verschiedenen zeitlichen Verlauf[1]) der beiden Einzelschwankungen, welche der Doppelschwankung zu Grunde liegen, im Auge behalten. Dass die Doppelschwankung an der vorderen und an der hinteren Hälfte der Mittelrippe in entgegengesetztem Sinne verläuft, und dass sie auch bei Ableitung vom hinteren Ende der Mittelrippe und von einem Punkte etwas vor der Mitte derselben auftritt, ist jetzt gerade so erklärlich, wie vorher (S. 177); ebenso, dass der negative Vorschlag bei Ableitung von der hinteren Hälfte der Mittelrippe grösser ist, als bei Ableitung von der vorderen Hälfte, da ja die vom unteren Mittelrippen-Parenchyme herrührende Kraft, obschon sie eine Veränderung erfährt, an der negativen Einzelschwankung doch nicht betheiligt ist. Es lässt sich jetzt aber auch sehr wohl verstehen, dass die positive Schwankung bei Ableitung von der hinteren Hälfte der Mittelrippe sich kleiner ergiebt, als bei Ableitung von der vorderen Hälfte, und dass da, wo ursprünglich gar kein Strom vorhanden ist, der negative Vorschlag immer auffällig grösser ist als die positive Schwankung; denn in diesen Fällen summiren sich algebraisch, um die positive Einzelschwankung zu bilden, die

1) S. oben S. 187; Figg. 29 und 30.

einander entgegengesetzt gerichteten gleichzeitigen Zuwächse der vom unteren Mittelrippen-Parenchyme gesetzten aufsteigenden Kraft und der von den unteren Hälften der Blattflügel-Parenchyme herrührenden absteigenden Kraft. Endlich lassen sich jetzt auch die Folgen der Reizung begreifen, welche bei Ableitung von den beiden Enden der Mittelrippe zur Beobachtung kommen.

Wenn wir für die von den Blattflügel-Parenchymen und von dem oberen Mittelrippen-Parenchyme an der Mittelrippe gesetzten Kräfte bisher stillschweigend eine Symmetrie in den beiden Hälften der Mittelrippe angenommen haben, so ist dies nur der Einfachheit halber geschehen, weil die geringe Ungenauigkeit, welche wir uns damit zu Schulden kommen liessen, unseren bezüglichen Ausführungen keinen Eintrag thun konnte. Denn es liess sich leicht übersehen, dass wegen der Dickenabnahme der Mittelrippe in der Richtung von vorn nach hinten, wegen des wechselnden Umfanges der Mittelrippen-Parenchyme, wegen der von den Blattflügeln gebildeten Nebenschliessungen u. s. w. jene Symmetrie eine unvollkommene sein musste; und in Frage blieb nur die Art und Grösse der bestehenden Asymmetrie, weil wir diese als einen vorerst wenig wesentlichen Umstand nicht weiter mit der Untersuchung verfolgten (s. o. S. 86). Nunmehr lehren uns offenbar die Reizversuche mit Ableitung von den Mittelrippen-Enden, dass auch schon ohne den Hinzutritt der durch das untere Mittelrippen-Parenchym gesetzten Kräfte der positivste Punkt an der Mittelrippe ein wenig über die Mitte derselben hinaus nach hinten verschoben ist, dass auch schon blos in Folge der Blattflügel-Parenchyme und des oberen Mittelrippen-Parenchyms eine schwache aufsteigende Kraft zwischen den beiden Enden der Mittelrippe besteht. Indem die Veränderungen, welche diese Kraft in Folge der Reizung erfährt, mit den Veränderungen der vom unteren Mittelrippen-Parenchyme herrührenden stärkeren aufsteigenden Kraft sich verbinden, entsteht die grosse positive Schwankung mit dem kleinen negativen Vorschlage, welche wir beobachtet haben.

Die Annahme, welche sich vorher allseitig zutreffend erwiesen hatte, hat sonach, mit einer naturgemässen Erweiterung für das untere Mittelrippen-Parenchym, wie eine solche von vorne herein (S. 184) sich hatte vorsehen lassen, auch bei unseren ersten Erfahrungen die Probe bestanden; und die ganze Reihe der Ergebnisse, welche unsere Reizversuche lieferten, ordnet sich ausnahmslos derselben unter. Es kann daher kein Zweifel sein, dass diese Annahme der Wirklichkeit entspricht. Aber es ist höchst interessant, dass nunmehr auch noch mit einem ganz einfachen Versuche die Richtigkeit der gewonnenen Einsicht sich erhärten lässt. Da das untere Mittelrippen-Parenchym am Blatte und am Blattstiele ein natürliches einheitliches Ganzes bildet, muss, wenn die Zellen dieses Parenchyms in Folge der Reizung eine positive Schwankung erfahren, diese Schwankung, deren Erscheinungsweise an der Blatt-Mittelrippe durch die gleichzeitigen Veränderungen der anderen wirksamen Parenchyme des Blattes getrübt ist, an der Blattstiel-Mittelrippe ganz rein hervortreten als eine Verstärkung der durch das untere Mittelrippen-Parenchym hier gesetzten absteigenden Kraft[1]). Und das ist in der That der Fall. Zwar habe ich selber den Versuch, auf den ich zu spät verfiel, nicht angestellt, aber schon Hr. Sanderson hat ihn, natürlich ohne von seiner Bedeutung eine Ahnung zu haben, ausgeführt; und bei der Einfachheit der Beobachtung werden wir uns auf deren Richtigkeit verlassen dürfen. „Wenn der Stiel auf die Elektroden aufgelegt wird“, sagt Hr. Sanderson[2]), „so wird die den Strom des Stieles anzeigende Ablenkung vergrössert, wenn das Blatt in einer der oben angegebenen Weisen gereizt wird.“ Mit diesem unmittelbaren Nachweise der positiven Schwankung der Zellen des unteren Mittelrippen-Parenchyms sind aber offenbar zugleich unsere voraufgegangenen Ermittelungen über die Veränderungen der anderen wirksamen Parenchymzellen, aus welchen die Erkenntniss jener positiven Schwankung nur als eine einfache und letzte Consequenz floss, auf das Beste verbürgt.

---

1) Vgl. oben S. 84—5.

2) Centralbl. S. 835; Proceed. p. 496.

In Folge der Reizung erfahren also die Zellen der oberen Hälften der Blattflügel-Parenchyme und des oberen Mittelrippen-Parenchyms eine negative, die Zellen der unteren Hälften der Blattflügel-Parenchyme und des unteren Mittelrippen-Parenchyms eine positive Schwankung; d. h. die Negativität der Mitte der Zellen gegen ihre Pole nimmt in Folge der Reizung bei den ersteren Zellen ab, bei den letzteren Zellen zu. Mit grosser Geschwindigkeit müssen sich diese Abnahme und diese Zunahme von dem Orte der Reizung aus durch die ganze Zellenmasse fortpflanzen, in einer Zeit, die nur klein ist gegen die Dauer des Vorganges an der einzelnen Zelle, da anderenfalls Unterschiede in den elektrischen Erscheinungen, je nach dem Orte der Reizung, sich uns hätten kundgeben müssen. Und indem so ohne wesentlichen Fehler der elektrische Vorgang an allen zusammengehörigen Zellen als gleichzeitig anzunehmen ist, lässt sich, was wir für die Einzelschwankungen, welche die an der Mittelrippe zur Beobachtung kommende Doppelschwankung resp. complicirte Schwankung zusammensetzen, hinsichts ihrer Abhängigkeit von der Stärke der Reizung ermittelt haben, auf die Vorgänge an den Zellen selbst übertragen. Mit wachsender Reizung wachsen danach die Abnahme und die Zunahme und verändern sich zugleich in ihrem zeitlichen Verlaufe derart, dass die Zunahme immer rascher an Steilheit des Ansteigens zum Maximum gewinnt, als die Abnahme an Steilheit des Abfalles zum Minimum; so dass jenes Maximum, das bei schwacher Reizung verhältnissmässig weit in der Zeit zurückbleibt gegen dieses Minimum, mit wachsender Reizung dem letzteren immer mehr sich nähert. Ueber die relative Grösse der Abnahme und der Zunahme ist Nichts mit Sicherheit auszusagen, wegen der verwickelten Beziehung, in welcher der zur Beobachtung kommende negative Vorschlag zur negativen Schwankung der Zellen steht (s. o. S. 192).

Bemerkenswerth ist dann noch ein Zeitverhältniss der elek-

trischen Vorgänge, für dessen Verständniss ich Folgendes vorausschicken muss.

Nach Hrn. Sanderson liegt zwischen der Reizung und der negativen Schwankung bei unserem Blatte ein Intervall von $^1/_4$—$^1/_2$ Sec. (s. o. S. 168), und dieses Intervall soll der Periode der latenten Reizung des Muskels entsprechen. „On thus exciting the leaf", sagt Hr. Sanderson[1]), „the spot of light shot to the left, but it was observed that there was an obvious interval of time between the excitation and the effect. This period, though of much greater duration, corresponds to the so-called „period of latent stimulation" in muscle." Das ist aber unrichtig, da man unter der Periode oder dem Stadium der latenten Reizung des Muskels die Zeit versteht, welche zwischen der Reizung und dem Beginne der Contraction verfliesst; und dieses Latenzstadium der Contraction hat Hr. Sanderson verwechselt mit dem Latenzstadium der negativen Schwankung, dem Intervalle zwischen der Reizung und der negativen Schwankung des Muskels. Wenn Hrn. Sanderson's Beobachtung richtig ist, so hat unsere Doppelschwankung am Blatte ein Latenzstadium von $^1/_4$—$^1/_2$ Sec.; aber von demselben ist dann wohl zu unterscheiden ein anderes Latenzstadium der Reizbewegung, das Hrn. Sanderson entgangen ist. Um das letztere zu constatiren, bedarf es nicht erst besonderer Hülfsmittel; sobald man nur überhaupt darauf achtet, fällt es auf, wie eine verhältnissmässig lange Zeit, etwa eine Secunde und mehr, zwischen der Reizung und dem Beginne der Reizbewegung verfliesst; und an Blättern geringerer Reizbarkeit, bei welchen diese Zeit verlängert ist, lässt sich das mehrere Secunden betragende Intervall sogar bei flüchtiger Betrachtung nicht übersehen.

In dieses Latenzstadium der Reizbewegung fällt nun ein grosser Theil der elektrischen Vorgänge, welche die Reizung nach sich zieht. Schon bei den Reizversuchen mit Ableitung von der Mittelrippe kann man sich davon überzeugen. Wenn der Beobachter am Fernrohre in einem Falle, in welchem das

1) Nat. p. 128.

Blatt auf Reizung sich schliesst, nachdem er die Doppelschwankung bis zur Constatirung des positiven Maximum's verfolgt hat, den Kopf nach dem Blatte wendet, so findet er das Blatt jüngst erst in die Bewegung eingetreten, die Blattflügel höchstens etwa um $^1/_4$ des Weges, den sie zur Schliessung des Blattes zurückzulegen haben, einander genähert. Genauer ist aber der Sachverhalt festzustellen, wenn bei Ableitung von der Mittelrippe und der unteren Fläche des Blattflügels das Blatt sich schliesst. Obwohl hier, sobald die Reizbewegung beginnt, der Bussolkreis geöffnet wird, sieht man doch regelmässig die Doppelschwankung, die positive Schwankung mit dem negativen Vorschlage, so wie sonst ablaufen, nur dass die Rückkehr des Spiegels zur Anfangsstellung rascher als sonst erfolgt; und wo Reizversuche ohne Reizbewegung vorausgegangen waren, stellt sich jetzt das Maximum der positiven Schwankung ohngefähr ebensogross oder doch nur wenig kleiner als vorher heraus. Es sind danach die negative Schwankung der oberen Parenchymzellen und die positive Schwankung der unteren Parenchymzellen zu einem grossen Theile, etwa bis zum Minimum resp. Maximum, bereits abgelaufen, wenn die Reizbewegung beginnt.



§. 7. Schlussbetrachtungen.

Das sind die Untersuchungen, welche ich mitzutheilen hatte. Es bleibt nur übrig, dass wir ihre Ergebnisse noch von den weiteren Gesichtspunkten aus mustern, welche unser Interesse für das Dionaea-Blatt bestimmten.

Unsere Kenntniss von der Contraction ist leer ausgegangen, und sie musste leer ausgehen, weil die Bewegung unseres Blattes, wie sich ergab, gar Nichts mit der Muskelverkürzung zu schaffen hat, sondern den sonstigen Bewegungen der Pflanzen sich anreiht. Von den beiden Eigenschaften, welche die Thierähnlichkeit der Dionaea ausmachen sollten, der Verdauungsfähigkeit und der Contractilität, bleibt demgemäss auch nur die erstere bestehen; und selbst hinsichts dieser muss man auf eigene Gedanken kommen, wenn man einerseits den

Reichthum der Pflanze an Wurzeln und ihr prächtiges Gedeihen bei Ausschluss jeder thierischen Nahrung constatirt, andererseits die Blätter durch die Zufuhr thierischer Nahrung zu Grunde gehen, gleichsam am Bissen ersticken oder richtiger durch die Nahrung vergiftet werden sieht. Das Vertreiben und Fangen von Insecten mag unserer Pflanze von Nutzen sein, aber in deren Verdauung kann ich nur einen Nachtheil für die Pflanze erkennen; und gerade das Eigenthümliche, dass der Verdauungsvorgang hier zugleich physiologischer und pathologischer Natur ist, scheint mir es zu bedingen, was Hr. Darwin so auffällig findet[1]), dass die Dionaea trotz der so hohen Differenzirung ihrer Organe und trotz ihrer ausgezeichneten Anpassung doch auf dem Wege zum Erlöschen ist.

In einer anderen Richtung hat sich die gesuchte Entscheidung gefunden. Als die Präexistenz der elektrischen Gegensätze im Muskel und Nerven von Hrn. L. Hermann[2]) bestritten worden war, weil die ruhenden Muskeln im unversehrten lebenden Frosche stromlos sein und erst durch eine mit der Entblössung verbundene Schädlichkeit elektromotorisch wirksam werden sollten, habe ich das Irrige der neuen Lehre dargethan[3]), indem ich zeigte, wie die zwischen der Haut und den Muskeln des Frosches befindliche Lymphe eine gute Nebenschliessung für die Muskelströme abgiebt, so dass nur Spuren dieser Ströme am unversehrten Thiere zur Beobachtung kommen können, und indem ich weiter die schwachen Muskelströme neben den Hautströmen an der Oberfläche des unenthäuteten lebenden Frosches nachwies. Zwar hat sich Hr. Hermann bei dieser Widerlegung nicht beruhigt; aber weder habe ich auf seine phrasenhaften Erörterungen[4]) etwas Wesentliches

1) Ins. Pl. p. 358.

2) Untersuchungen zur Physiologie der Muskeln und Nerven. Drittes Heft. Berlin 1868.

3) Dies Archiv, 1868. S. 529 ff.; 1869. S. 649 ff.

4) Archiv für die gesammte Physiologie u. s. w. Bd. III. 1870. S. 15 ff.; Bd. IV. 1871. S. 149 ff.

zu bemerken nöthig gehabt, das nicht schon in meinen Mittheilungen enthalten war, noch habe ich es über mich zu gewinnen vermocht, mit einem Gegner in Discussion zu treten, der nicht begriff, dass, wenn, was sonst deutlich sichtbar, unter Umständen undeutlich oder selbst gar nicht wahrnehmbar ist, daraus doch nicht geschlossen werden darf, dass dasselbe dann gar nicht vorhanden ist. Jetzt bin ich Hrn. Hermann auf einem neuen, dem pflanzlichen Gebiete begegnet. Nach den Strömen an Thieren hat Hr. Hermann auch noch die Ströme an Pflanzen in den Bereich seiner Untersuchung gezogen[1]) und auch auf diese Ströme, welche er an den Stengeln der verschiedensten Pflanzen, an Blättern, Blüthen u. s. w. studirt hat, seine Lehre ausgedehnt. Die Ströme der Pflanzen[2]) stehen nach ihm „mit den Lebenseigenschaften der Pflanzengewebe in innigem Zusammenhange, gerade wie die Muskelströme mit den Lebenseigenschaften der Muskeln. Ihre Grundbedingung ist das Vorhandensein einer Verletzung an einem noch lebenden Pflanzentheile; die Art der

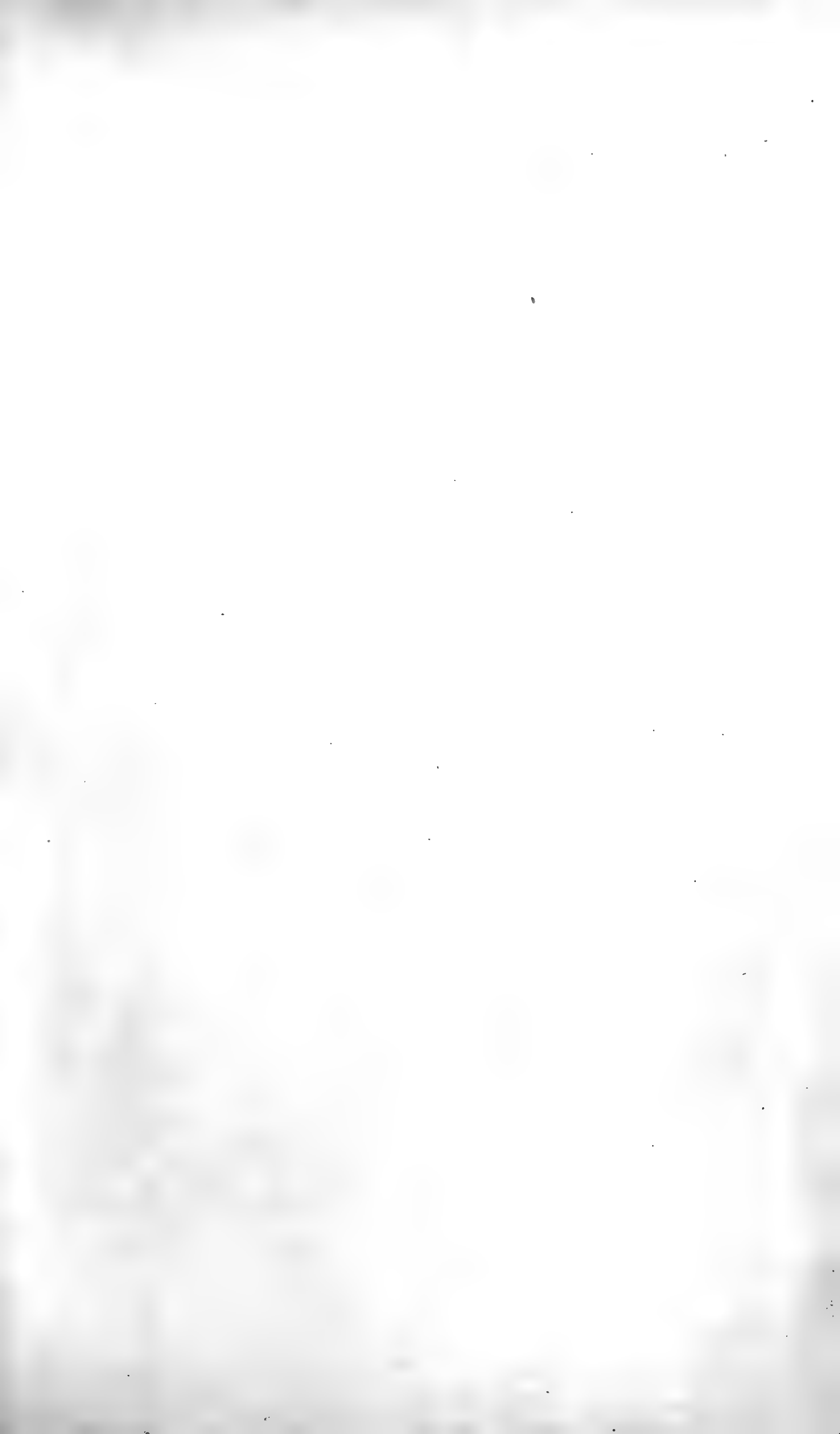
1) Ebenda, Bd. IV. 1871. S. 155 ff.

2) Die Kenntniss der Pflanzen-Ströme ist bisher eine höchst ungenügende geblieben. Die älteren Untersuchungen sind sichtlich unzureichend, und die beiden neuesten, die eben angeführte Hrn. Hermann's vom J. 1871 und Hrn. J. Ranke's Untersuchung vom J. 1872 (Münchener Sitzungsber. Math.-phys. Kl. II. S. 177 ff.) widersprechen einander geradezu. Darauf, dass Hr. Hermann alle Ströme von Verletzungen ableitet, während Hr. Ranke „falsche“ Ströme, die von Verletzungen herrühren, von den „wahren“ Strömen unterscheidet, würde weniger Gewicht zu legen sein. Aber es besteht ein rein thatsächlicher und dabei vollkommener Widerspruch in der Hauptsache, indem Hr. Hermann den künstlichen Längsschnitt deutlich längsgefaserter Pflanzentheile positiv, Hr. Ranke dagegen negativ gegen den künstlichen Querschnitt findet. Da Hr. Ranke Hrn. Hermann's Untersuchung in seiner Mittheilung nicht berücksichtigt hat, sind neue Untersuchungen erforderlich, um den wahren Sachverhalt festzustellen. Dass Hr. Ranke an seinen von künstlichem Längs- und Querschnitte begrenzten parallelfaserigen Pflanzenstücken auch die Neigungsströme und die schwachen Längs- und Querschnittsströme hat beobachten können, scheint zugleich mit unseren Ermittelungen für Hrn. Ranke's Angabe zu sprechen.

Verletzung ist wie bei den Muskeln gleichgültig."[1]) Schlagender aber kann eine Widerlegung gar nicht gedacht werden, als sie die vorliegenden Untersuchungen an unversehrten Blättern unversehrter Pflanzen liefern mit ihren elektrischen Erscheinungen von der gleichen Art, wie die elektrischen Erscheinungen an den Muskeln und Nerven. Verschwendung wäre danach jedes Wort, das sich noch weiter mit der Irrlehre befasste.

Endlich, was die Fragen nach Wesen und Bedeutung der elektrischen Erscheinungen an Nerv und Muskel betrifft, sehen wir zwar nicht unmittelbare Erfolge, aber doch wesentliche Fortschritte erzielt. An die Stelle der spurweisen und vielfach unzutreffenden ersten Wahrnehmungen von Hrn. Sanderson ist eine genauere Kenntniss des Dionaea-Blattes in elektrischer Beziehung getreten, wonach dieses Blatt den Nerven, Muskeln und elektrischen Organen mit seiner elektromotorischen Wirksamkeit sich an die Seite stellt. Und nicht blos im Allgemeinen ein neues Angriffsobject ist damit gewonnen, um die elektrischen Erscheinungen an den Organismen verstehen zu lernen, sondern auch die besonderen Angriffspunkte sind bereits hervorgetreten. Gegenüber den zur Zeit unfassbaren elektromotorisch wirksamen Muskel- und Nervenelementen und gegenüber den nicht minder dunklen Elementen der elektrischen Platte haben wir an unseren wirksamen Parenchymzellen wohldefinirte und dem Versuche wohl zugängliche Gebilde; und diese Gebilde zeigen auf Reizung, bei auch anderweitig entgegengesetztem Verhalten, die einen eine negative, die anderen eine positive Schwankung, während sonst blos die negative Schwankung dem Nerven und Muskel, blos die positive Schwankung der elektrischen Platte zukommt. Bis zu einem gewissen Punkte ist dann auch schon der Angriff durchgeführt. Da die elektromotorischen Kräfte unserer Zellen nach Ablauf der elektrischen Folgen der Reizung, auch wenn die Reizbewegung stattgehabt hat, genau dieselben wie vor der Reizung und überhaupt überall

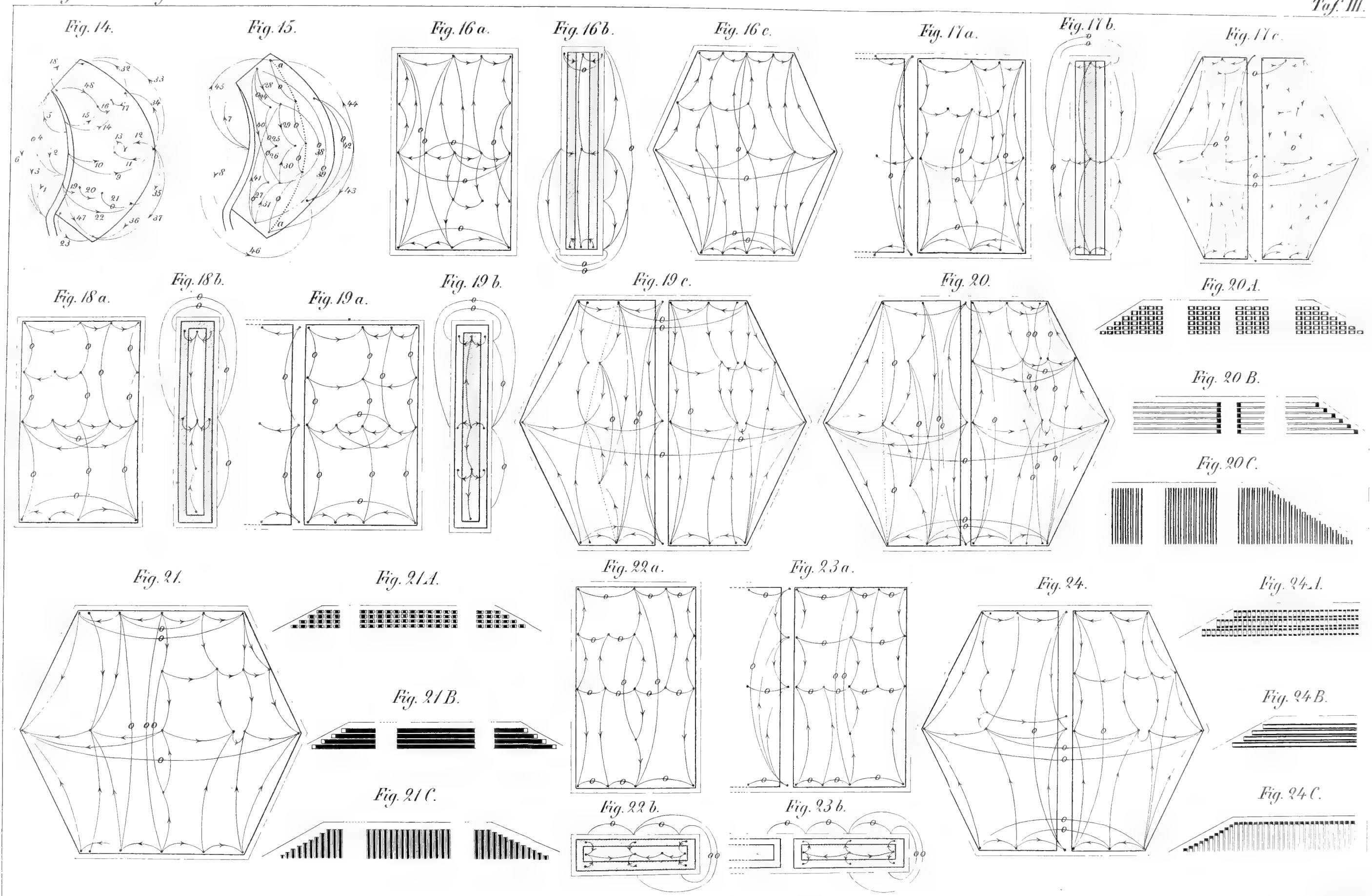
1) A. a. O. S. 161—2.



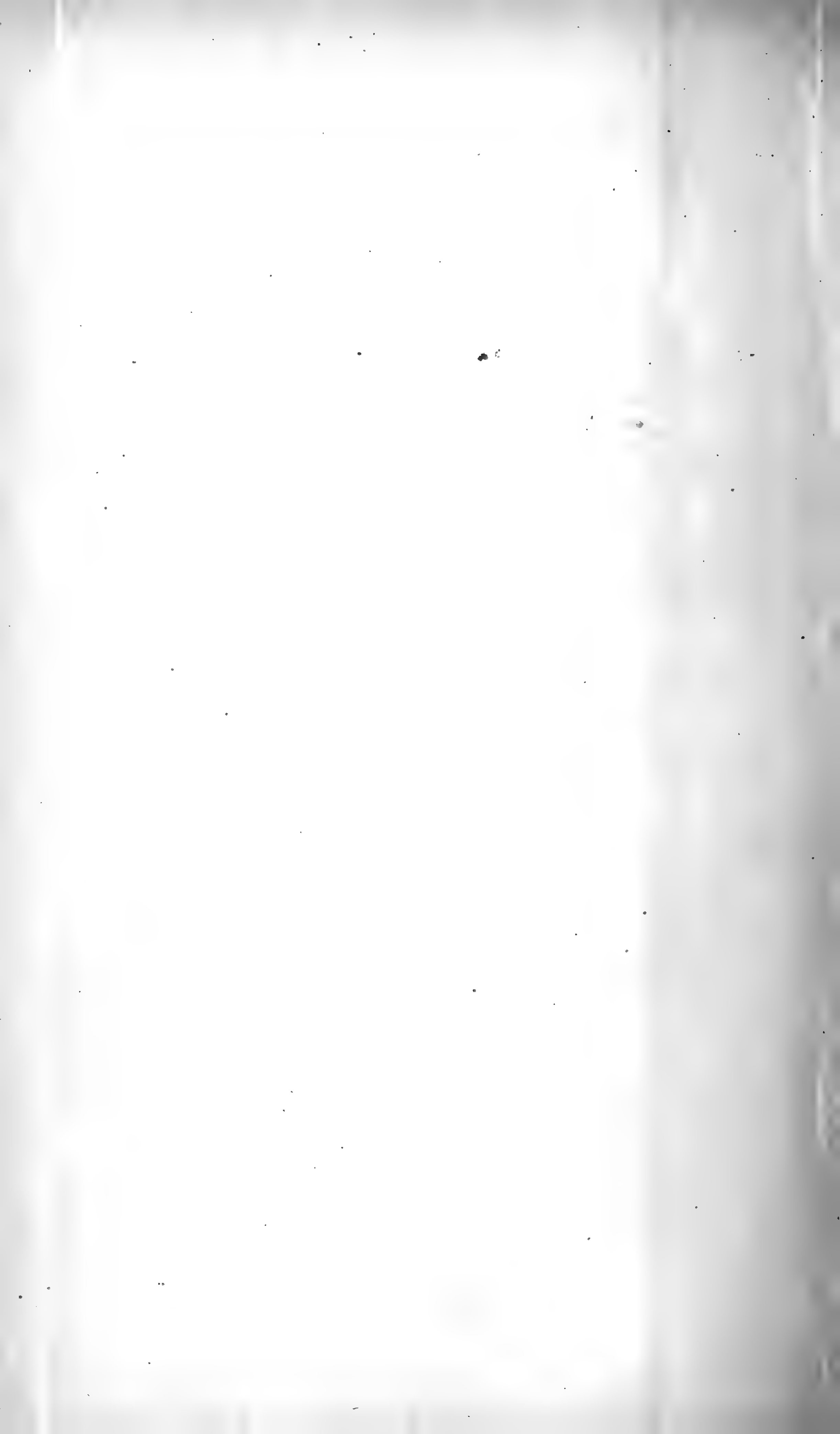
Aut. del.

Laue lith.




Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16 a.
Fig. 16 b.
Fig. 16 c.
Fig. 17 a.
Fig. 17 b.
Fig. 17 c.
Fig. 18 a.
Fig. 18 b.
Fig. 19 a.
Fig. 19 b.
Fig. 19 c.
Fig. 20.
Fig. 20 A.
Fig. 20 B.
Fig. 20 C.
Fig. 21.
Fig. 21 A.
Fig. 21 B.
Fig. 21 C.
Fig. 22 a.
Fig. 22 b.
Fig. 23 a.
Fig. 23 b.
Fig. 24.
Fig. 24 A.
Fig. 24 B.
Fig. 24 C.

H. Munk del.



unabhängig vom Oeffnungswinkel des Blattes sind, und da die elektrischen Vorgänge in Folge der Reizung auch ohne die Reizbewegung eintreten und, wo sie von der letzteren begleitet sind, doch zum grossen Theile vor deren Beginn ablaufen, so steht es fest, dass die elektromotorische Wirksamkeit der Zellen zur Form und zum Wassergehalte der Zellen in keiner unmittelbaren Beziehung steht. Vielmehr muss die elektromotorische Wirksamkeit der Zelle der Ausdruck oder die Resultirende sein einer Eigenschaft der Zelle oder eines Bestandtheiles derselben, welche unmittelbar durch die Reizung vorübergehend verändert wird und deren Veränderung, wenn sie eine gewisse Grösse erreicht hat, die Form- und Wassergehalts-Veränderung der Zelle nach sich zieht. Da nun nach Hrn. Pfeffer[1]) der Primordialschlauch der bei Reizung variable Theil der Zelle ist und zwar sein Filtrationswiderstand in Folge der Reizung plötzlich sinkt, so muss die elektromotorische Wirksamkeit der Zelle der Ausdruck oder die Resultirende sein der Eigenschaft des Primordialschlauches, von welcher die Grösse seines Filtrationswiderstandes abhängig ist. Von hier aus kann möglicherweise schon der nächste Schritt die Bewältigung der Probleme einleiten; aber gerade je folgenreicher der Schritt wäre, desto mehr nehme ich Anstand, mit der Hypothese der Erfahrung vorzugreifen.

Berlin, im März 1876.

---

1) Physiologische Untersuchungen. Leipzig 1873. S. 131 ff. — Botanische Zeitung, 34. Jahrg. No. 5. (4. Februar) 1876. S. 75 ff.

Ueber die Allantois des Menschen.

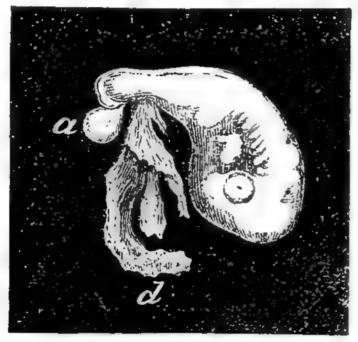
Von

Dr. W. Krause,
Professor in Göttingen.

Gegen das von mir[1]) beim Menschen beschriebene blasenförmige Hervorspriessen der Allantois hat Kölliker[2]) eingewendet: „Bis auf Weiteres halte ich die fragliche Allantois für den Dottersack oder die Nabelblase, wie sie beim Menschen heisst und den zerrissenen Dottersack von Krause, der bei Embryonen dieses Alters nie mehr so gross ist, wie die Figur zeigt, für den abgerissenen Nabelstrang mit Fetzen des Ammion — —".

Kann man wohl einen unanatomischeren Einwand erheben?

Wir finden bei dem fraglichen Embryo zwei in der Medianlinie hervorragende Blasen. Die Eine kleinere liegt distalwärts und unmittelbar an der einwärts gebogenen Cauda, die andere grössere ebenfalls gestielte Blase mehr proximalwärts. Eine Nabelschnur ist noch nicht vorhanden. Die distale Blase ist mithin die Allantois; die proximale ist die Dotterblase (Nabelbläschen) — nicht umgekehrt, wie Kölliker will. Ein Blick auf meine Abbildung (s. d. Holzschnitt u. a. a. O. Taf. VI.)



Menschlicher Embryo 3mal vergrössert. *a* Allantois. *d* Dottersack.

1) Dies Archiv, 1875. S. 215. Taf. VI.

2) Entwicklungsgeschichte des Menschen u. s. w. 1876. S. 306.

schliesst jeden Zweifel darüber aus. Der letztgenannte ausgegezeichnete Embryologe scheint übersehen zu haben, dass nach seiner Erklärungsweise der fragliche Embryo aus dem unteren Ende der Aorta entspringende Aa. omphalo-mesaraicae und oberhalb derselben entstandene Aa. umbilicales besitzen müsste. Folgeweise müsste auch sein Enddarm proximalwärts von der Valvula coli sich befinden; oder trivial ausgedrückt: der After am Magen sitzen! Und was die Grösse der Dotterblase anlangt, so ist sie schwerlich bedeutender, als an dem von Kölliker (a. a. O. Fig. 231) abgebildeten Embryo Thomson's, dessen Alter Kölliker in die dritte, Thomson selbst in die vierte bis fünfte Woche setzt. — Die reelle Umkehrung der beiderseitigen Insertionsstellen jener Blasen würde mithin eine Missbildung darstellen, die nicht nur absolut unerklärlich, sondern auch niemals und nirgends beobachtet wäre. Ausserdem fehlt jede noch so schattenhafte Begründung für eine solche Annahme, um so mehr, da der Embryo im Uebrigen ganz normal ist. Alles hingegen erklärt sich auf das Natürlichste und Ungezwungenste, wenn man annimmt, dass in dem fraglichen Embryo ein rasch vorübergehendes, vielleicht kaum einen Tag dauerndes, aber unvermeidliches Entwicklungsstadium vorliegt, welches bisher beim Menschen noch nicht beobachtet worden war.

Die Streitfrage erscheint damit abgethan. Eine anderweitige Erörterung jedoch drängt sich bei dieser Gelegenheit auf: sie betrifft Altersbestimmungen an sehr jungen menschlichen Embryonen überhaupt. Allerdings stimmen manche Befunde in Bezug auf Grössen-Verhältnisse und Fortschreiten der Entwicklung nach den bisher vorliegenden Angaben über die so seltenen menschlichen Embryonen aus dem Ende des ersten Schwangerschaftsmonats nur schlecht mit den von den verschiedenen Autoren selbst registrirten Angaben über die muthmassliche Dauer der betreffenden Schwangerschaft. Die Wahrnehmung dieser Widersprüche sowohl älterer als neuerer Beobachter unter einander muss an sich schon dazu führen, jene zeitlichen Angaben für höchst unsicher zu halten. Eine ein-

fache Ueberlegung erklärt solche von mir (a. a. O.) ebenfalls angedeutete Unsicherheit, die bekannt genug ist, trotzdem sich aber zur Zeit leider nicht beseitigen lässt.

Experimentirt man an Säugethieren, so ist der Conceptionstermin bis auf den Tag oder vielleicht selbst die Stunde genau bekannt. Bei menschlichen Embryonen hätte man im glücklichen Falle mit einer Selbstmörderin oder plötzlicher gewaltsamer Todesart zu thun: gewöhnlich handelt es sich um abortirte Eier.

Der Abortus hat natürlich seinen guten pathologischen Grund, wenn dieser auch im speciellen Falle nicht aufzuklären ist. Dabei sind verschiedene Verhältnisse möglich.

Entweder der Embryo entwickelte sich eine Zeit lang, z. B. drei bis vier Wochen normal, starb dann ab und wurde noch einige Zeit anscheinend ohne sich zu verändern im Uterus getragen. Eben so gut kann sich die Entwicklung durch langsam eintretende Ernährungsstörungen der absterbenden Frucht retardiren. Beide Male wird das Resultat sein, dass der Beobachter den Embryo zufolge etwa vorliegender Angaben über die letzte Menstruation u. s. w. für älter hält, als es dessen Grössenverhältnissen u. s. w. entspricht.

Andererseits kann die relativ zu langsame Entwicklung Verminderung der embryonalen Dimensionen resp. Differenzirung der Organe herbeiführen, und wenn keine Angabe über Menstruation oder Conceptionstermin vorliegt, es bewirken, dass der Embryo jünger erscheint, als er wirklich ist. — Beide Fehlerquellen vermögen eventuell auch an Eiern wirksam zu werden, die im Uterus von Selbstmörderinnen u. s. w. gelegentlich gefunden werden sollten.

Das bisher vom Menschen vorliegende Material ist mithin keineswegs danach angethan, die absoluten oder auch nur die relativen Zeitverhältnisse der Entwicklung mit jener Genauigkeit festzustellen, die bei Thieren vergleichsweise leicht erreichbar ist — selbst wenn man von individuellen Unterschieden z. B. der Körpergrösse vorläufig ganz absehen wollte. Vielleicht könnte sogar die relative Zeitbestimmung z. B. in Bezug auf das Kopf- und Schwanz-Ende erheblich differiren, falls Er-

nährungsstörungen in der Uteruswand oder im Embryo selbst die obere Körperhälfte des letzteren mehr afficirten, als die untere, resp. umgekehrt. Sogar bei Selbstmord u. s. w. dürften solche keineswegs als ausgeschlossen schlichtweg vorausgesetzt werden.

Nach allen diesen Umständen wird also anzurathen sein, bei Schlüssen, die (wie der oben nach Kölliker citirte) direct oder indirect auf relative oder absolute Altersbestimmungen von Embryonen aus dem ersten Schwangerschaftsmonate basirt sind, grosse Behutsamkeit walten zu lassen. Dies ist übrigens keine neue Anforderung. Am besten wird es sein, die guten von den unzuverlässigen Beobachtungen zu sondern und letzteren ein entsprechend vermindertes Gewicht beizulegen.

Neue Wahrheiten pflegen aus begreiflichen Gründen hier und da schwer Eingang zu finden. Möchten die bekannten drei Stadien, welche sonst in jedem Einzelfalle durchlaufen werden, diesmal rasch absolvirt werden. Sie lauten ohne Zweifel: *A.* es ist die Dotterblase. — *B.* es ist wider die Antidescendenztheorie. — *C.* es steht bereits in älteren Exemplaren eines Lehrbuchs der Entwicklungsgeschichte.

Die Thatsachen aber behalten das letzte Wort.

Ueber die Glandula thyreoidea ohne Isthmus beim Menschen.

Von

Dr. Wenzel Gruber,

Professor der Anatomie in St. Petersburg.

Hiezu Taf. IV.

A. Fremde Beobachtungen.

J. B. Morgagni[1]) hatte bei einem alten Frauenzimmer im November 1706 zu Bologna die Glandula thyreoidea in zwei Lobi getheilt gesehen, welche durch den ganzen Zwischenraum getrennt waren, den sonst der Isthmus einnimmt. Derselbe gedenkt wohl der Beobachtung von Joh. Heinr. Schultze, Professor zu Altdorf, welcher nach einer Nachricht v. J. 1727 (1731) im Herbst 1726 die Glandula thyreoidea bei einem mit einer starken Hernie behaftet gewesenen Manne in zwei Stücke völlig getheilt angetroffen hatte.[2]) Zwei von einander getrennte Glandulae thyreoideae an einem monströsen todtgeborenen Kinde 1736 beobachtet zu haben, hatte auch Joh. Jac. Ritter in einer Epistola anatomica an Haller mitgetheilt,[3]) welcher in seiner Responsio berichtete, dass ihm diese Abweichung auch „aliquando“ vorgekommen sei.[1]) Diese Angabe wiederholt A. v. Haller[5]) später wieder und citirt dabei auch

---

1) Epistol. anat. Patavii 1764. Fol. Epist. IX. Art. 30. p. 82.

2) Einige Singularia und Notabilia so bei der Sectione anatomica eines simplen Menschen observirt worden. — Miscellanea phys.-med.-math. von Andr. Elias Büchner. An. 1727 (1. u. 2. Quartal). Erfurt 1731. 4. Cl. IV. Aprilis 1727. Art. 3. S. 251.

3) „De foetu exomphalodaeo puerili“. — Acta phys.-med. Vol. VI. Norimbergae 1742. 4. Observ. 12. p. 45.

4) Op. cit. p. 46.

5) Elementa physiologiae. Tom. III. Lausannae 1768. Lib. IX. §. XXI. p. 384 et not. e. „Semel vidi“.

Tab. XXV. von Barth. Eustachius, wo aber zwei Glandulae thyreoideae nur vielleicht abgebildet sind.[1]) Sabatier[2]) bemerkte ausdrücklich, dass er die Glandula thyreoidea beim Menschen „quelquefois" in zwei Portionen, in eine rechte und in eine linke, getheilt gesehen habe, wie bei den meisten Quadrupeden. J. F. Albers[3]) hat einen Fall abgebildet. C. Handfield Jones[4]) führt vier Beispiele aus dem Museum des Guy's Hospitales in London an. An einem Beispiele der Glandula partita sind zugleich zwei Lobi medii (median colums) an dem zweiten und dritten Beispiele ist je ein Lobus medius, an dem vierten Beispiele ist ein Lobus medius dexter und eine isolirte Portion an der linken Seite (Glandula thyreoidea accessoria superior) vorhanden. In den Werken vieler anderer Anatomen bis in die neueste Zeit wird der Abweichung entweder gar nicht gedacht oder doch die Häufigkeit ihres Vorkommens mit den unbestimmten Ausdrücken „sehr selten, selten, bisweilen" bezeichnet, welche, wie man weiss, nicht immer eigene Beobachtungen voraussetzen.[5]) Allerdings mögen in so manchem Museum Beispiele davon aufgestellt sein, wenn ich auch in einer ganzen Reihe von Museums-Catalogen, die mir zur Durchsicht zur Verfügung gestanden hatten, davon keine Präparate verzeichnet fand.

---

1) Barth. Eustachii tabulae anat. ab J. Maria Lancisio. Amstelodami 1722. Fol. Tab. XXV. (In der Erklärung S. 61 keine Angabe.)

2) Traité compl. d'anat. Tom. II. Paris. 8°. Année 1777. p. 247.

3) Atlas d. pathol. Anat. Abth. II. Bonn 1842. Fol. Tab. XII. Fig. 3.

4) The Cyclopaedia of anatomy and physiology. Vol. II. London 1852. Art.: „Thyroid. Gland." p. 1002.

5) Ich hatte ja schon die Ehre zu beweisen, dass man gern flunkert und über die Häufigkeit einer Anomalie, die man nur 1 Mal und von 1725—1869, also während 144 Jahren, nicht wieder gesehen hatte, denn doch mit den bequemen Ausdrücken: „sehr selten, selten, bisweilen" herum warf. (Siehe meine Aufsätze über supernumeräre Handwurzelknochen.)

B. Eigene Beobachtungen.

Ich hatte während einer langen und an Erfahrung reichen Laufbahn auch auf die Abweichungen der Glandula thyreoidea mein Augenmerk gerichtet und darunter namentlich auf die, durch welche sie, in Folge des Mangels des Isthmus, eine Glandula bipartita wird, weil diese Art ihrer Abweichung nicht nur als Bildungshemmung und Thierbildung interessant, sondern auch in operativ-chirurgischer Beziehung kennenswerth ist. Ich erlaube mir daher auch meine Erfahrungen über diese Abweichung im Folgenden mitzutheilen, und finde mich dazu um so mehr veranlasst, da ich im Stande bin, darzuthun, wie es sich bei dieser Abweichung eigentlich mit der Communication der Arteriae thyroideae von beiden Seiten in der für den mangelnden Isthmus glandulae thyreoideae auftretenden Praetracheallücke verhalte, was, so viel ich weiss, man noch nicht kennt.

Mir sind bis jetzt 31 Fälle des Mangels des Isthmus der Glandula thyreoidea zur Beobachtung gekommen. Den ersten Fall habe ich in Prag, die übrigen in St. Petersburg beobachtet. Von den Petersburger Fällen habe ich den ersten 1847, den letzten 1872 angetroffen. Von diesen bin ich auf 15 gelegentlich, auf 15 jedoch bei den geflissentlich vorgenommenen Untersuchungen von 300 Kehlköpfen und deren Anhängen gestossen, welche ich hinter einander vom September 1860 bis Ende 1864, also in einem Zeitraume von 4 Jahren, einer allseitigen Untersuchung unterzogen hatte. Die Untersuchungen hatten sich auch auf die Arteriae thyreoideae erstreckt, um zu erfahren, wie es um ihre Communication stehe. Es wurden deshalb von mehr als 100 Kehlköpfen deren Glandulae thyreoideae auch arteriell injicirt. Unter diesen gelungenen injicirten Glandulae thyreoideae waren 10, welche keinen Isthmus besassen. Ich konnte daher das Verhalten der Arterien der Glandula thyroidea nicht nur mit, sondern auch ohne Isthmus studiren. Von den Fällen ohne Isthmus, auf die ich gelegentlich gestossen war, hatte ich nur wenige zur arteriellen Injection verwenden können, weil manche andere, wegen zu weit

vorgeschrittener Präparation dazu nicht geeignet waren und für noch andere taugliche die Zeit zur Ausführung der Injection mangelte.

Von den von mir beobachteten 31 Fällen der Abweichung hatte ich den in Prag bei einem 35jährigen Irren aufgefundenen Fall und einen anderen Fall, welcher 1869 bei einem Manne, der mit einer retrotrachealen Retentionsgeschwulst behaftet war, sich vorgefunden hatte, bereits veröffentlicht.[1]) Es erübrigt somit noch der Bericht über 29 Fälle:

Vorkommen. Von den mit Mangel des Isthmus der Glandula thyreoidea behaftet gewesenen 29 Individuen waren 26 männliche und 3 weibliche. Von 15 Fällen aus den auch auf diese Abweichung geflissentlich untersuchten 300 Kehlköpfen (250 männlichen und 50 weiblichen) gehörten 12 männlichen und 3 weiblichen Individuen an. Nach letzterer Summe würde sich der Mangel des Isthmus glandulae thyreoideae zu seinem Vorkommen verhalten überhaupt wie 1 : 19; beim männlichen Geschlecht wie 1 : 19,833; beim weiblichen Geschlecht wie 1 : 16,666. Ich habe 15, 16, 18, 20, 22, 25, 27, 33 und selbst 48 Kehlköpfe untersuchen müssen, bevor ich 1 Mal die Abweichung angetroffen habe, aber einige Mal Fälle von ihr doppelt oder sogar dreifach auch schnell auf einander folgen gesehen.

Verhalten der Lobi laterales.

Die Lobi hatten zum 5.—8. Trachealring abwärts gereicht. Ihre Gestalt ist gewöhnlich die eines nach 3 Seiten comprimirten, etwas gekrümmten kegelförmigen oder retortenförmigen Körpers mit einer vorderen (vorderen seitlichen) hinteren (hinteren seitlichen) convexen und inneren concaven Fläche, mit oberer Spitze und unterem abgerundeten dicken Ende; bisweilen die

1) a. Ueber die Anomalien der Art. thyreoidea ima und der A. crico-thyreoidea in ihrer wichtigen Beziehung zu einigen chirurgischen Operationen. — Neuer anomaler Kehlkopfs-Muskel. — Medic. Jahrb. d. österr. Staates. Bd. 51. Wien 1845. S. 147. — b. Ueber eine retrotracheale Retentionsgeschwulst. — Arch. f. path. Anatom. u.s.w. Bd. 47. Berlin 1869. S. 1. Taf. I. Fig. 1. *B. B'*.

eines nach drei Seiten comprimirten länglich-runden oder ovalen Körpers mit bald unterem, bald oberem breiteren abgerundeterem Ende. Sie waren, wie die Lobi der Glandula der Norm besonders durch die Ligamenta suspensoria[1]) am Larynx und an der Trachea aufgehängt. In mehreren Fällen hatte sich von einem der Lobi, namentlich vom Lobus sinister, ein anomaler Lobus medius verschiedener Länge erhoben, welcher im höchsten Grade seiner Entwickelung, bald vermittelst eines langen oder kurzen Lig. suspensorium medium, bald in Substanz an den Körper des Os hyoideum sich anheftete. In 27 Fällen waren die Lobi völlig von einander geschieden, in zwei Fällen aber waren sie vor der Cartilago cricoidea und vor dem Lig. crico-thyreoideum medium mit einander vereinigt. Bei einem Weibe sandte nämlich jeder Lobus lateralis einen schmalen zungenförmigen Lobus medius ab. Diese Lobi medii convergirten und vereinigten sich an der Cartilago cricoidea zu einem Lobus medius communis, der am Arcus cartilaginis cricoideae und in der Fovea crico-thyreoidea vor dem Lig. crico-thyreoideum medium Platz nahm und sich unten am Angulus der Cartilago thyreoidea anheftete. Bei einem Manne kam ein ähnliches Verhalten vor, aber der Lobus sinister hatte zwei anomale Lobi medii, wovon der laterale zum Os hyoideum aufstieg und vermittelst eines Ligamentes an dessen Körper inserirte. — Sollte man diese beiden Fälle zu denen mit Mangel des Isthmus glandulae thyreoideae nicht rechnen dürfen, so würden sie doch als bemerkenswerthe Fälle von Verrückung des Isthmus glandulae thyreoideae von der Trachea auf den Larynx zu gelten haben.

Prätracheallücke zwischen den Lobi.

Die Prätracheallücke reicht verschieden weit und selbst bis zum 7. Trachealring herab, ist also verschieden und bis 2·7—3 Cm. hoch. Sie hat an der Mitte ihre geringste Weite, erweitert sich nach oben und unten. In den beiden Fällen

---

1) Siehe meinen Aufsatz: „Ueber die Aufhängebänder der Schilddrüse.“ — Medic. Jahrb. Wien. Jahrg. 1863. S. 1.

mit Vereinigung der an der Trachea wie beim Mangel des Isthmus separirten Lobi laterales von diesen abgegangenen Lobi medii war die Lücke am Larynx geschlossen und dahin zugespitzt. Die Weite variirte an der Mitte von 6 Mm. bis 1·6 Cm. und betrug oben und innen noch um 6 Mm. mehr. Die Lücke enthält Bindegewebe und Gefässe, namentlich Aeste der Venae subthyreoideae, aber auch wohl in der Regel Arterienäste in der Tiefe.

Verhalten der Arteriae thyreoideae.

Ich konnte in einer Reihe von Fällen, wegen zu weit vorgeschrittener Präparation, diese auf das Verhalten der Arterien nicht mehr prüfen. Ich habe an mehreren intacten Fällen, ohne oder bei vorausgeschickter gelungener arterieller Injection, Communication der Arterien einer Seite mit denen der anderen Seite sicher vermisst und in einem der letzteren injicirten Fälle, bei Vorkommen eines linken anomalen Lobus medius, allerdings die A. dextrae untereinander durch eine feine Anastomose am hinteren Rande des entsprechenden Lobus lateralis und die A. sinistrae unter einander auf dieselbe Weise und zugleich die A. sinistra inferior mit der A. crico-thyreoidea sinistra vermittelst eines Zweiges, welcher hinter dem Lobus lateralis sinister verlief, communiciren gesehen. Ich habe auch endlich an 10 Fällen, bei vorausgeschickter völlig gelungener arterieller Injection Communication der Arterien der rechten Seite mit aller Bestimmtheit nachweisen können, wie die in meiner Sammlung aufgestellte schöne Collection beweiset.

An 9 solchen völlig gelungenen arteriell injicirten Präparaten mit vollständiger Trennung der Lobi laterales habe ich Communication der Arterien der rechten Seite mit denen der linken Seite bestimmt vorgefunden. An dem 1. Präparate von einem Manne geht die Communication der Thyreoideae superiores durch ein feines fünfmaschiges Netz in der Prätracheallücke, welches gleich unter der Cartilago cricoidea am 1. Trachealring liegt, vor sich. Die Thyreoideae dextrae allein und ebenso die Thyreoideae sinistrae allein communiciren

durch je einen langen Ast untereinander, welcher am hinteren Rande jedes Lobus verläuft. Der Communicationsast ist selbst an der schwächsten Stelle noch 1 Mm. dick. An dem 2. Präparate von einem Jünglinge ist die Communication der Thyreoideae superiores eine ähnliche. Nur ist statt eines Netzes ein einfacher feiner Communicationszweig vorhanden. An dem 3. Präparate (Fig. 1) communiciren die Thyreoideae superiores (*a*. *b*) durch einen vor dem 2. Trachealring in der Prätracheallücke geschlängelt in querer Richtung verlaufenden Ast (δ) von 1·25 Mm. Durchmesser. An dem 4. Präparate (Fig. 2) von einem Weibe ist die Communication der Thyreoideae superiores (*a*'. *b*'.) durch einen 2 Cm. langen und 1·5 Mm. dicken, etwas *S*-förmig gekrümmten Ast (δ) bewerkstelligt, der mit dem oberen rechten Abschnitte am 1. Trachealring mit der unteren linken am 2. Trachealring in der Tiefe der Prätracheallücke schräg von unten und links nach oben und rechts aufsteigt. An dem 4. Präparate (Fig. 4) von einem Manne mit einem Lobus medius (*a*) des Lobus dexter (*A*) und einer Glandula thyreoidea accessoria sinistra (*c*) theilt sich der Terminalast (γ) des primitiven medialen Astes (β') der Thyreoidea superior sinistra (β) in der Prätracheallücke (*) in zwei Zweige Der linke Zweig (γ'') endigt im Lobus sinister (*A*') der rechte Zweig (γ') aber, nachdem er sich in zwei secundäre Zweige gespalten hat, die durch Wiedervereinigung eine Insel bilden, ramificirt sich im Lobus dexter (*A*). Mit dem die Insel schliessenden secundären Zweig geht aber ein langer vorderer Ast (ζ) der Thyreoidea superior dextra (α) eine Anastomose ein. Die Crico-thyreoidea dextra (δ) und die obere Crico-thyreoidea sinistra (ε) versieht den Lobus medius dexter (*a*) und die untere Crico-thyreoidea sinistra (ε') versieht die Glandula thyreoidea accessoria sinistra (*c*) mit Zweigen. An dem 6. Präparate von einem Manne ist die Thyreoidea inferior sinistra mit der Thyreoidea superior dextra durch eine feine, 6 Cm. lange Anastomose, welche in der Tiefe der Prätracheallücke schräg aufsteigt, im Zusammenhang. An dem 7. Präparate steht die Thyreoidea inferior dextra mit der Thyreoidea superior sinistra durch einen in der Prätracheallücke verlaufen-

den Zweig und stehen ausserdem beide Thyreoideae inferiores durch einen queren, geschlängelt hinter der Trachea, gleich unter der Cartilago cricoidea, verlaufenden Zweig in Communication. Die Thyreoidea superior dextra communicirt mit der Inferior derselben Seite durch einen hinter dem Lobus dexter verlaufenden Ast; die Thyreoidea superior sinistra mit der Inferior derselben Seite durch einen Randast. An dem 8. Präparate (Fig. 3) von einem Manne hatte sich die Thyreoidea inferior dextra frühzeitig in zwei Aeste, einen medialen (*c*) und einen lateralen (*c'*) getheilt. Der stärkere laterale Ast (*c'*) senkt sich in den Lobus dexter (*A*) ein. Der schwächere mediale Ast (*c*) von 2 Mm. Dicke steigt in der Prätrachealłücke (*) auf und vor dem 4—1. Trachealringe *S*-förmig gekrümmt schräg zum oberen Rande des Lobus sinistra (*A'*) und ramificirt sich in diesem. Am 2. Trachealringe spaltet er sich in zwei secundäre Aeste, einen kurzen rechten (α) und langen linken (β). Jener senkt sich in den Lobus dexter, dieser in den Lobus sinister ein. Jeder dieser Aeste aber communicirt durch ein, rechts längeres (ε) und links kürzeres Zweigchen (ε') ausserhalb der Lobi mit der Thyreoidea superior der entsprechenden Seite (*a*. *b*). Vom Stamme des medialen Astes (*c*) geht auch ein Zweig (γ) in den Lobus sinister (*A'*). An dem 9. Präparate von einem Manne, beim Vorkommen eines am Körper des Os hyoideum durch ein Lig. suspensorium angehefteten Lobus medius, hat die 3 Mm. dicke Thyreoidea superior sinistra mit ihrem medialen Aste den Verlauf der Crico-thyreoidea. Am vorderen Rande des M. sterno-thyreoideus angekommen, wendet sich die Arterie unter einem fast rechten Winkel nach aus- und rückwärts, um hinter dem M. sterno-thyreoideus sinister und lateralwärts vom Lobus medius zum Lobus sinister sich zu begeben. Bevor sich die Arterie umbiegt, sendet sie einen 1·5 Mm. dicken Ast zum Lobus sinister, welcher am vorderen Rande des letzteren in der Prätrachealłücke herabsteigt. Von diesem Aste, 4 Mm. unter dessen Ursprunge, geht ein kleiner Zweig von 0·7 Mm. Dicke ab, welcher sich auf das Lig. crico-thyreoideum medium begiebt und mit der Crico-thyreoidea propria der rechten Seite anastomosirt.

Die 2·5 Mm. dicke Thyreoidea superior dextra verläuft normal. Bevor sie sich hinter den M. hyo-thyreoideus dexter begiebt, giebt sie 2 Mm. starke Crico-thyreoidea ab. Letztere theilt sich in die Crico-thyreoidea propria dextra, welche mit einem die Crico-thyreoidea sinistra darstellenden Zweige aus der Thyreoidea superior sinistra anastomisirt und ein Ast für den Lobus dexter ab, welcher, in diesem sich verästelnd, an dessen vorderen und medialen Rande in der Prätracheallücke abwärts steigt. Der am medialen Rande des Lobus dexter herabsteigende Ast der Crico-thyreoidea dextra und der am medialen Rande des Lobus sinister herabsteigende Ast der Thyreoidea superior sinistra geben einen 9·5 Mm. dicken quer gegen die Medianlinie verlaufenden Zweig ab. Diese vereinigen sich zu einer auf und vor dem 1. Trachealring in der Prätracheallücke quer-bogenförmigen Anastomose. Die Thyreoideae inferiores anastomosiren durch eine zwischen der Trachea und dem Oesophagus durchsetzende hintere Queranastomose.

An einem völlig gelungenen arteriell injicirten Präparate mit Mangel des eigentlichen Isthmus glandulae thyreoideae, aber doch mit Vereinigung der Lobi laterales über der Prätracheallücke durch Verschmelzung der daran existirenden Lobi medii von einem Manne, communiciren weder die Thyreoideae superiores noch Th. inferiores unmittelbar mit einander, aber in der Prätracheallücke, die am Larynx geschlossen ist und dahin sich zuspitzt, vertheilt sich ein Ast der Thyreoidea superior mit Zweigen im Lobus dexter und sinister, wovon einer, der an der hinteren Seite des Lobus sinister aufwärts steigt, mit der Thyreoidea superior sinistra direct anastomosirt.

Besonderheiten.

In zwei Fällen fehlte das linke Cornu superius der Cartilago thyreoidea. In zwei Fällen war eine Glandula thyreoidea zugegen. In einem der Fälle mit der Glandula thyreoidea hing diese an einem vom Lobus dexter ausgegangenen Lobus medius, war also einem im Museum des Guys-Hospitals zu London aufbewahrten Falle mit einem Lobus medius dexter und einer Glandula thyreoidea accessoria superior sinistra ähn-

lich. In einem der Fälle ohne Cornu superius sinistrum cartilaginis thyreoideae, aber mit Vorkommen eines Lobus anomalus medius am Lobus sinister, in einem anderen Falle mit diesem Lobus anomalus medius und in einem dritten Falle ohne diesen Lobus medius war ein M. levator glandulae thyreoideae zugegen, der am unteren Rande des Körpers des Os hyoideum entstanden, in beiden Fällen mit Vorkommen des Lobus anomalus medius sinister vor diesem oder ihn einhüllend, am dritten Falle vor der Eminentia laryngea der linken Hälfte des Lig. crico-thyreoideum medium und des Arcus cartilaginis cricoideae herabgestiegen war und in allen Fällen am Lobus sinister, in einem Falle zugleich am unteren Rande der Cartilago thyreoidea medianwärts vom M. hyo-thyreoideus sinister, in dem Falle ohne Lobus medius am inneren Ende des Lobus sinister mit zerstreuten Bündeln endete. Der Muskel war bis 4 Mm. breit und in dem Falle, wo er am inneren Ende des Lobus sinister endete, 6 Cm. lang.

Folgerungen.

1. Mangel des Isthmus glandulae thyreoideae kommt nicht so selten vor, als man bis jetzt zu glauben schien, weil ich denselben bei geflissentlich vorgenommenen Untersuchungen, wenigstens bei Russen, schon in $^1/_{20}$ der F. auftreten gesehen hatte.

2. Derselbe scheint häufiger beim weiblichen Geschlechte als beim männlichen vorzukommen, weil ich ihm beim ersteren schon in $^1/_{16}$—$^1/_{17}$ d. F., beim letzteren erst in $^1/_{20}$—$^1/_{21}$ d. F. begegnet bin.

3. Ob die Häufigkeit seines Vorkommens etwa auch bei den Nationalitäten variire, ist bis jetzt noch nicht auszumitteln. Immerhin ist die von mir beobachtete Häufigkeit bei den Czechen in $^1/_{190}$ d. F. und bei den Russen schon in $^1/_{20}$ d. F. auffallend.

4. Mit demselben können andere ungewöhnliche Varietäten auftreten, wie Mangel des Cornu superius cartilaginis thyreoideae oder eine Glandula thyreoidea accessoria superior

neben einem Lobus medius vom Lobus dexter glandulae thyreoideae (Fall im Museum des Guys-Hospitals; mein Fall).

5. Wie die Glandula thyreoidea oft in der Norm, so kann auch die Gl. th. partita Musculi levatores besitzen.

6. Communication der Arteriae thyreoideae der einen Seite mit denen der anderen existirt bald bei Isthmus-Mangel der Glandula thyreoidea, bald fehlt sie. Existenz der Communication ist vorwiegend. Die Communication wird gewöhnlich durch die Art. superiores allein, seltener durch die Art. superior der einen Seite und die Art. inferior der anderen Seite allein, noch seltener durch eine Art. inferior und beide Art. superiores bewerkstelligt. Ganz selten hat sich zu beiden ersten Communicationsarten Communication beider Art. inferiores und in diesen Fällen nur durch einen hinter der Trachea verlaufenden Ast gesellt. Communication aller vier Art. thyreoideae in der Prätracheallücke ist nicht beobachtet worden. Jedenfalls ist bei dieser Abweichung der Glandula thyreoidea die Communication ihrer Arterien in der Prätracheallücke, wenn sie auftritt, eine variable und zwar um so mehr, als die Möglichkeit des Vorkommens der Communication auch einer Art. superior mit beiden Art. inferiores oder der Art. inferiores allein, oder aller Art. thyreoideae in der Prätracheallücke nicht bestritten werden kann.

7. Die Arterien jedes einzelnen Lobus der Glandula thyreoidea partita können durch einen Rand- oder hinteren Ast mit einander anastomosiren, müssen aber einen solchen Communicationsast nicht haben.

8. Wegen möglichen Vorhandenseins von Arterien in der Prätracheallücke muss der Operateur auf ihr Vorkommen, selbst bei diagnosticirtem Mangel des Isthmus der Glandula thyreoidea, bei der hohen Tracheotomie gefasst sein. Ein St. Petersburger Chirurg, welcher anatomische Kenntnisse für überflüssig hielt, also von dem möglichen Vorkommen der Communication zwischen den Art. thyreoideae beider Seiten am Isthmus nicht die geringste Kenntniss hatte, wählte, weil es für ihn bequemer war, gerade die Region des Sitzes des sehr vorspringenden Isthmus der Glandula thyreoidea zur Tracheotomie, obgleich er

diese abwärts von jenem hätte ausführen können und diesmal hätte ausführen müssen. Er schnitt, ohne Umstände zu machen, den 1 Cm. dicken und 2 Cm. hohen Isthmus nur im oberen grössten Theile ein und daselbst zugleich mit der Trachea durch. Es entstand eine starke, durch einen dicken Communicationsast der Arterien auch arterielle Blutung, in deren Folge, durch Bluteindringen in die Trachea u. s. w., der Kranke starb. Ich bewahre dies Präparat chirurgischer Ehre in meiner Sammlung auf.

Aehnliches könnte auch bei Isthmus-Mangel passiren.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1.

Cricoidalpartie des Larynx und obere Portion der Trachea mit der Glandula thyreoidea ohne Isthmus — Glandula thyreoidea partita — von einem Manne.

Fig. 2.

Ein ähnliches Präparat von einem Weibe.

Fig. 3.

Ein ähnliches Präparat von einem Manne.

Bezeichnung für alle Figuren:

A, *A'*. Lobi der Glandula partita.
* Prätracheallücke.
a. Arteria thyreoidea superior dextra.
a'. Medialer Ast derselben.
a''. Lateraler „ „
b. Art. thyreoidea superior sinistra.
b'. Medialer Ast derselben.
b''. Lateraler „ „
c. Medialer Ast der Art. thyreoidea inferior dextra.
c'. Lateraler Ast derselben.
d. Art. thyreoidea inferior sinistra.
α. Rechter secundärer Ast des medialen Astes der Art. thyreoidea inferior dextra.
β. Linker secundärer Ast desselben.
γ. Besonderer Zweig des medialen Astes der Art. thyreoidea inferior dextra zum linken Lobus der Glandula thyreoidea.

δ. Communicationsast der Art. thyreoideae superiores in der Prätracheallücke.

ε. Communicationszweig zwischen der Art. thyreoidea superior dextra und dem rechten secundären Aste des medialen Astes der Art. thyreoidea inferior dextra.

ε'. Communicationszweig zwischen der Art. thyreoidea superior sinistra und dem linken secundären Aste des medialen Astes der Art. thyreoidea inf. dextra.

Fig. 4.

Larynx mit dem Os hyoideum, mit der oberen Portion der Trachea und mit der Glandula partita.

1. Os hyoideum.
2. Larynx.
3. Trachea.
4. Musculi hyo-thyreoidei.

A. A'. Lobi der Glandula thyreoidea partita.

a. Lobus medius des Lobus dexter.

b. Dessen Lig. suspensorium.

c. Glandula thyreoidea accessoria superior sinistra.

(*) Prätracheallücke.

α. Arteria thyreoidea superior dextra.

β. Art. thyreoidea superior sinistra.

β'. Medialer, wie die Art. crico-thyreoidea anomaler Weise verlaufender Ast derselben.

β''. Lateraler Ast derselben.

γ. Terminaler in zwei Zweige gespaltener Ast des medialen Astes derselben.

γ. Zweig zum rechten Lobus (durch Spaltung in zwei secundäre Zweige und deren Wiedervereinigung eine Insel bildend).

γ'. Zweig zum linken Lobus.

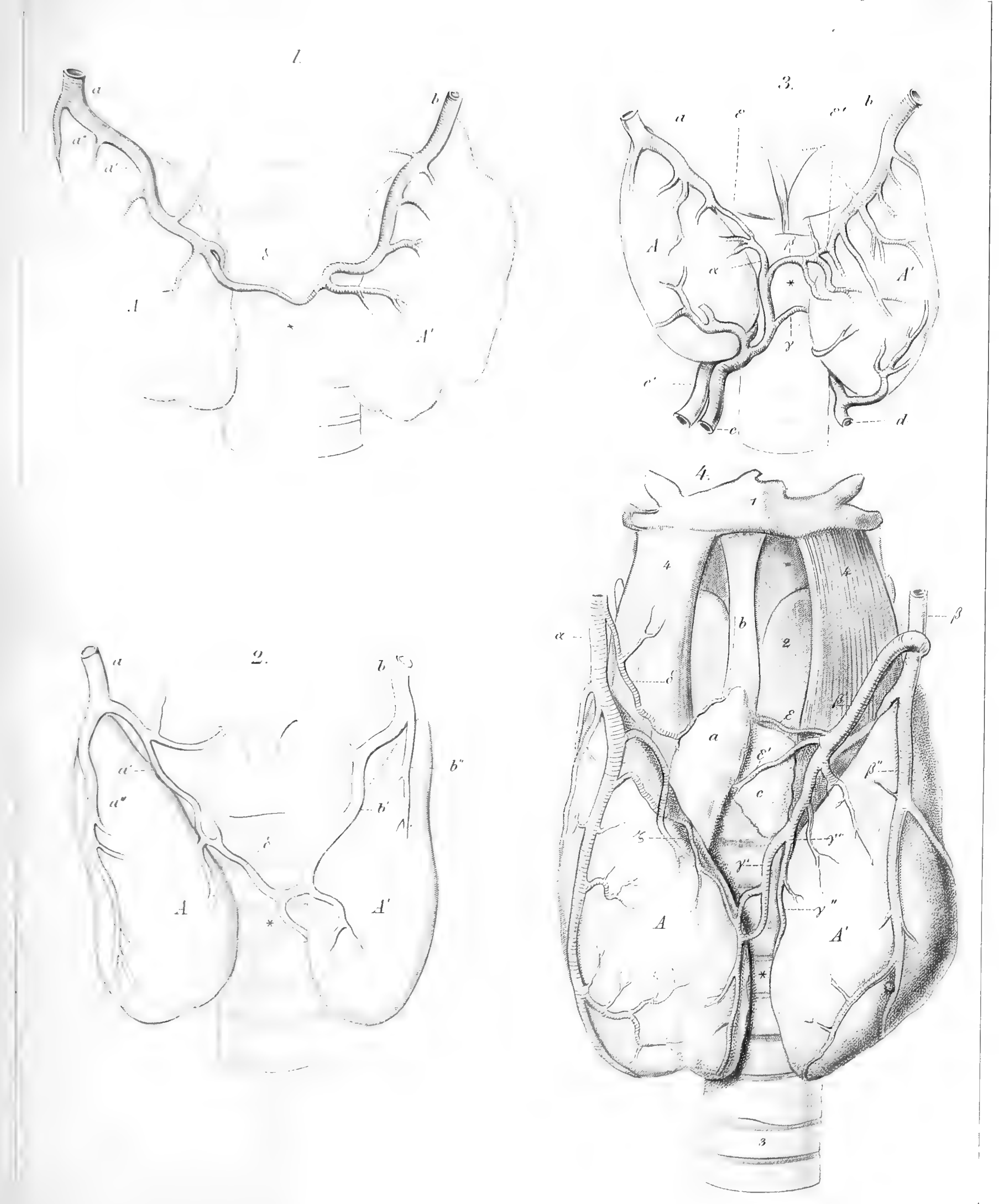
δ. Arteria crico-thyreoidea dextra.

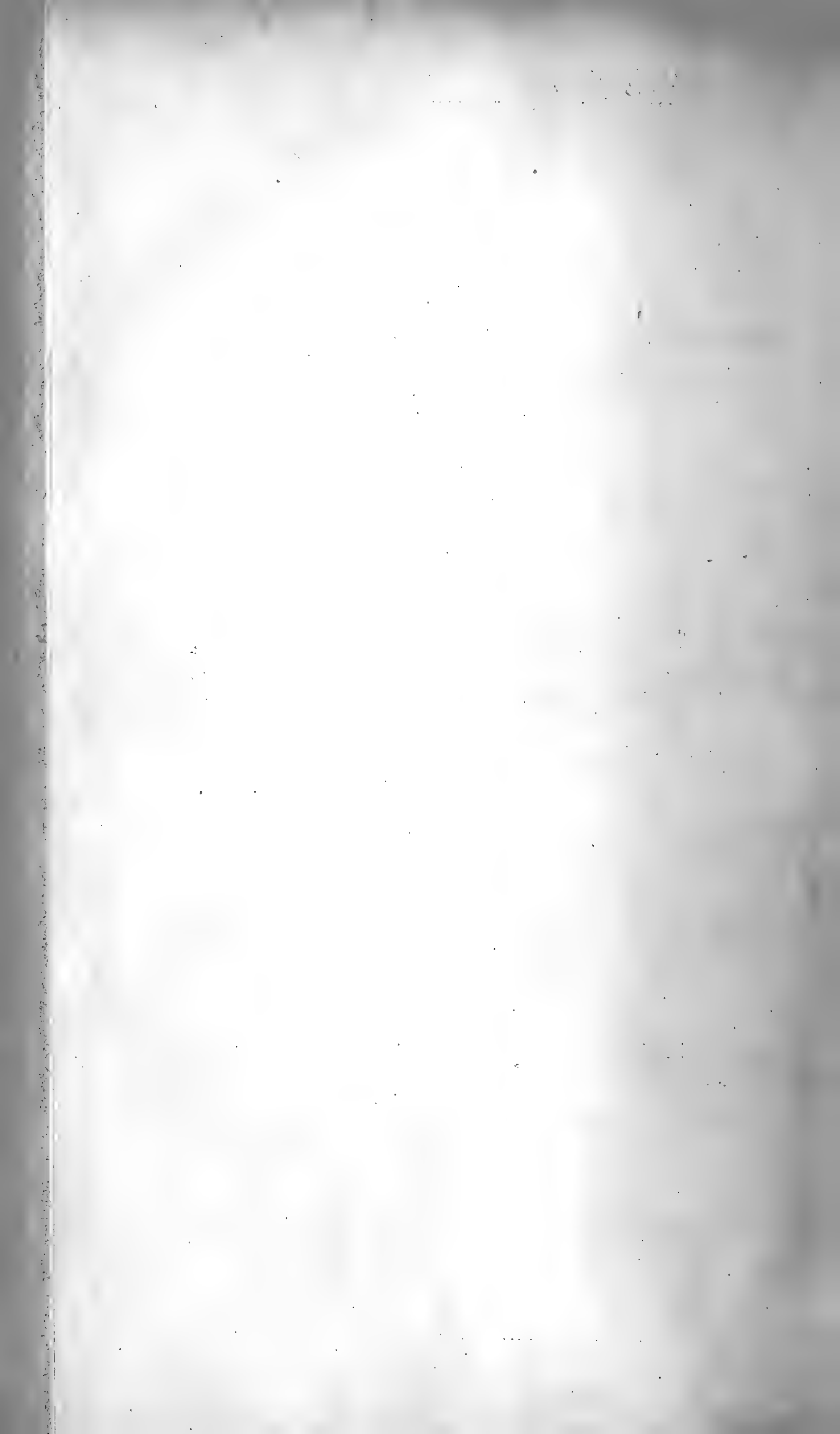
ε ε'. Zweige des medialen Astes der Art. thyreoidea superior sinistra, welche zwei Art. crico-thyreoideae sinistrae repräsentiren.

ζ. Langer vorderer Ast der Art. thyreoidea superior dextra als Communicationsast beider Arteriae thyreoideae superiores.

Institut f. d. praktische Anatomie a. d. med.-chir. Akademie.

St. Petersburg, $\frac{\text{31. October}}{\text{12. November}}$ 1875.





Ueber ein aus der Epiphyse eines durch einen fortsatzartigen Anhang vergrösserten Multangulum minus entwickeltes, articulirendes neuntes Ossiculum carpi.

Von

Dr. Wenzel Gruber,
Professor der Anatomie in St. Petersburg.

Hierzu Taf. V.

Der Processus styloideus des Metacarpale III. entwickelt sich ausnahmsweise aus einem besonderen Ossificationspunkte, weshalb er als persistirende Epiphyse auftreten kann, wie ich bereits in 5 Fällen beobachtet hatte.[1]) Derselbe kann fehlen und dann auch durch einen anomalen Anhang (Fortsatz) des Multangulum minus vertreten sein, der ebenfalls aus einem besonderen Ossificationspunkte entsteht und bald als persistirende Epiphyse, wie ich in einem Falle sah,[2]) bald im Falle baldiger Verschmelzung der Epiphyse als Apophyse angetroffen wird, wie davon mir zwei Fälle zur Beobachtung gekommen waren.[3])

Bildet sich in der Synchondrose zwischen dem Metacarpale III und der anomaler Weise, an seiner Basis auftretenden und dem Processus styloideus daselbst entsprechenden Epiphyse; oder in der Synchondrose eines Multangulum minus, welches durch einen anomalen Fortsatz auf angegebene Weise vergrössert ist, zwischen dem Körper des Knochens und der seinen

---

1) S. dies Archiv, 1869. S. 361. Taf. X, *B*, Fig. 1—4, No. 9 (1. Fall). — Das. 1870. S. 197. Taf. V, *C*, Fig. 1, 2. (2. u. 3. Fall). — Bull. de l'Acad. Imp. d. sc. de St. Pétersbourg. Tom. XV. Col. 446. Fig. 4, *a* (4. Fall). — Das. Col. 452. Fig. 9, 10*b*. (5. Fall).

2) S. dies Archiv, 1869, S. 242. Taf. IX, Fig. 1, No. 9 u. Fig. 5.

3) Ebendas. 1869. S. 352. Taf. IX, Fig. 8, 9*b*. — Bull. de St. Pétersbourg. Tom. XV. Col. 451. Fig. 8*α*.

Fortsatz darstellenden Epiphyse ein accidentelles Gelenk: dann wird jede dieser Epiphysen ein articulirendes selbstständiges ossiculum, welches als fünfter Knochen in der unteren Reihe des Carpus Platz nimmt.

Die Art dieses Ossiculum, welches den Processus styloideus des Metacarpale III. vertritt, aber vom Ursprunge an dem für diesen Knochen präformirten Knorpel angehörte, ist gekannt. Dem Ossiculum dieser Art ist das von J. Saltzmann[1]) erwähnte supernumeräre Ossiculum carpi höchst wahrscheinlich und sind die an beiden Handwurzeln eines Individuum von J. Struthers[2]) beobachteten Fälle supernumerärer Ossicula carpi sicher gleichbedeutend, wie ich zu wiederholten Malen angeführt habe. Ich selbst hatte davon bis Ende December 1873 schon 9 Fälle beobachtet.[3])

Die andere Art des Ossiculum, welches zwar ebenfalls den Processus styloideus des Metacarpale III. substituirt, aber vom Ursprunge an ein fortsatzartiger Anhang des dadurch vergrösserten knorplig vorgebildeten Multangulum minus war, ist bis dahin nicht gesehen worden. Wenn aber, wie ich bewiesen, durch Gelenkbildung in der Synchondrose zwischen dem Metacarpale III. und einer seinen Processus styloideus darstellenden Epiphyse letztere als selbstständiges supernumeräres Ossiculum carpi auftreten kann, so ist die Vermuthung zulässig, dass auch die Epiphyse eines anomal vergrösserten Multangulum minus, welche den mangelnden Processus styloideus des Metacarpale III. substituirt, durch Gelenkbildung in der Synchondrose zwischen beiden Stücken des Multangulum minus ein selbstständi-

---

1) Decas observ. anatom. Obs. III. Argentorati 1725. (Diss. ab. H. A. Nicolai). — Haller, Disp. anat. select. Vol. VII. Goettingae 1751. p. 691.

2) Case of additional bone in the human Carpus. — Journ. of anat. a. physiol. Vol. III. Cambridge a. London 1869, p. 354.

3) S. dies Archiv, 1870. S. 197. Taf. V, *C*. Fig. 3. (1—3 Fall). — Bull. de l'Acad. Imp. des sc. de St. Pétersbourg. Tom. XV. Col. 483 (4. u. 5. Fall). — Das. Col. 486 Fig. 1—4 (6. Fall). — Das. Tom. XVII. No. 2. Col. 399 (7. Fall). — Dies Archiv 1873. S. 766 (8.—9. Fall).

ges supernumeräres Ossiculum carpi mit dem Sitze an dem Orte des ersteren werden könne.

Um auch letztere Art des den Processus styloideus des Metacarpale III. substituirenden, aber aus einem anomal vergrösserten Multangulum minus entwickelten, supernumerären Ossiculum carpi, dessen mögliches Vorkommen zu vermuthen ich berechtigt war, zu finden, setzte ich meine Forschungen an frischen und trockenen Knochen weiter fort.

Ich liess also den 1070 untersuchten Händen auch im Studienjahre 1874/75 noch viele andere folgen und fand schon im November 1874, nachdem ich erst 35 Hände (15 rechtseitige und 18 linkseitige) von Extremitäten, die vorher zur Präparation der Musculatur verwendet worden waren, an der rechten Hand eines Mannes wieder das gewöhnliche supernumeräre Ossiculum carpi d. i. das, welches sich aus einer dem Processus styloideus des Metacarpale III. entsprechenden, also letzterem Knochen angehörigen Epiphyse gebildet hat. Dieser Fall ist der 10. der Fälle, welche ich seit 1868 bei 8 Individuen (7 Männern und 1 Frau) und zwar beiderseitig bei 2 (Männern) rechtseitig bei 4 (2 Männern und 1 Frau) und linkseitig bei 2 (Männern) nach Untersuchung von 1105 Händen beobachtet hatte, und der 13. der bis jetzt beobachteten Fälle überhaupt (aus fremder und eigener Beobachtung. Er hat nichts an sich, was nicht schon an den veröffentlichten Fällen vorgekommen wäre, bedarf daher keiner Beschreibung.

Das aus der Epiphyse eines anomal vergrösserten Multangulum minus entwickelte, den mangelnden Processus styloideus am Metacarpale III. substituirende supernumeräre Ossiculum carpi hatte ich an frischen Knochen, trotz Nachforschung an Massen von Händen, bis jetzt nicht angetroffen, aber es war endlich wenigstens an trockenen Knochen zur Beobachtung gekommen.

Unter mehr als 100 Skeleten aus der Maceration vom vorhergehenden Studienjahre 1873/74 nämlich wurde eines von einem Erwachsenen jüngeren Alters, behufs Bindens, vor Kurzem aus der Vorrathskammer hervorgeholt. Bei der Sondirung der einzelnen Knochen dieses Skelets von Seite der Präpara-

toren trafen diese für die rechte Handwurzel 9 Knochen an. Man legte mir die Knochen dieser Hand sogleich vor und ich erkannte daran das, nach welchem ich seit Jahren vergeblich gesucht hatte, d. i. das aus der Epiphyse eines durch einen fortsatzartigen Anhang vergrösserten Multangulum minus entwickelte neunte Ossiculum carpi.

Ueber diese knöcherne Hand der rechten Seite mit 9 Stücken im Carpus, welche ich wieder in meiner Sammlung aufgestellt habe, kann ich Nachstehendes berichten:

Die Handwurzel hat in der oberen Reihe 4, in der unteren Reihe 5 Knochen (Fig 1.).

Das Naviculare (No. 1) hat eine von seiner gewöhnlichen Form etwas abweichende, aber so immerhin bisweilen auftretende Gestalt.

Am Lunatum (No. 2) ist wie in so manchen anderen Fällen das ulnare Feld der Gelenkfläche an der Superficies digitalis ungewöhnlich gross.

Das Triquetrum (No. 3) und Pisiforme (No. 4) sind normal.

Am Multangulum majus (No. 5) sind sein Sulcus und sein Tuberculum noch kaum angedeutet.

Das Capitatum (No. 7) ist etwas deform. Seine S. dorsalis ist nach unten ungewöhnlich schmal. Die Felder der Gelenkfläche an der S. brachialis sind schärfer von einander und von der Gelenkfläche an der S. radialis geschieden als gewöhnlich. An der Gelenkfläche der S. digitalis sind 3 Felder, ein grosses zur Articulation mit dem Metacarpale III. ulnarwärts, ein kleineres zur Articulation mit dem volaren Theile des Ulnarkammes des Metacarpale II. radial- und volarwärts und ein noch kleineres zur Articulation mit dem supernumerären Ossiculum carpi radial- und dorsalwärts. Das ulnare Feld ist von den beiden anderen durch eine überknorpelte Kante, die radialen Felder aber sind durch eine rauhe Furche geschieden.

Das Hamatum (No. 8) weist an der Gelenkfläche der S. brachialis zwei scharf geschiedene Felder auf, wovon das diesmal ungewöhnlich breite radiale Feld die abgestutzte Spitze des Knochens einnimmt und, wie in anderen Fällen, mit dem

ulnaren Felde an der Gelenkfläche der S. digitalis des Lunatum articulirt.

Das Multangulum minus (Fig. 1. No. 6; Fig. 2. *a*; Fig. 3, 4.) gleicht bis auf die dorsale Ulnarecke (Fig. 3. γ), dem Knochen der Norm. Die Ulnarecke ist in sagittaler Richtung abgestutzt. Diese ist unregelmässig vierseitig, an der oberen und hinteren Hälfte rauh (Fig, 4. γ), an der unteren vorderen Hälfte eine abgerundet dreiseitige oder ovale, schwach sattelförmige Gelenkfläche (Fig. 4. γ) zur Articulation mit dem supernumerären Ossiculum carpi. Die Gelenkfläche seiner S. brachialis ist etwas länger als gewöhnlich und hornförmig gekrümmt (Fig 2, 2. *a*).

Das supernumeräre Ossiculum carpi (Fig. 1. No. 9; Fig. 2. *b*; Fig. 5. 6) endlich zeigt folgende Eigenschaften:

Lage. In der unteren Reihe der Knochen der Handwurzeln fast quer und zwar zwischen dem Multangulum minus und dem dorsalen Theile des Ulnarkammes an der Basis des Metacarpale II. radialwärts, dem Capitatum ulnar- und brachialwärts und über der dorsalen Radialecke des Metacarpale III. (Fig. 1. No 9.)

Gestalt. Eines drei- oder vierseitigen, an der Mitte seiner Länge etwas eingeschnürten Keiles (oder Pyramide), welcher seine Basis radialwärts, seine quer abgeschnittene, etwas abwärts gekrümmte Schneide ulnar- und rückwärts kehrt. Seine S. dorsalis (Fig. 2. *b*) ist in eine breite obere (α') und schmälere hintere Abtheilung (β'), wovon letztere besonders ausgebuchtet ist, geschieden. Seine S. radialis oder Basis (Fig. 5) zeigt zwei, durch eine überknorpelte Kante getrennte und zu einander schräg gestellte Felder, ein oberes viereckiges (α. β) und ein unteres länglich vierseitiges (γ). Das obere ist vertical gestellt, oben rauh (α), unten und vorn ein abgerundet dreiseitiges oder ovales Gelenkfeld (β); das untere ist schräg gestellt und gleichfalls ein Gelenkfeld (γ). Diese Gelenkfelder gehen durch eine überknorpelte, stumpfe Kante in einander über. Die S. ulnaris (genau genommen S. brachialis) (Fig. 6) ist vorzugsweise ulnar- und nur wenig brachialwärts gestellt. Sie trägt eine dreieckige Gelenkfläche beträchtlicher Grösse (α).

Die S. digitalis ist concav, gegen das ulnare Ende und an diesem in dessen ganzer Breite, dann von der Basis angefangen in der ganzen Länge dorsal- und radialwärts rauh, volar- und radialwärts aber mit einer abgerundet dreiseitigen oder halbovalen Gelenkfläche versehen, welche mit einer abgerundeten Kante in die Gelenkfläche an der S. ulnaris übergeht. Zwischen der S. radialis und ulnaris ist ein winklig geknickter, breiter, rauher Rand zugegen.

Verbindung. Es articulirte durch die beiden Gelenkfelder an der S. radialis mit dem Multangulum minus und dem dorsalen Gelenkfelde am Ulnarkamme der Basis des Metacarpale II; durch die Gelenkfläche an der S. ulnaris mit dem dorsalen Radialgelenkfelde der S. digitalis des Capitatum; und durch die Gelenkfläche an der S. digitalis mit dem Metacarpale III. an einem Gelenkfelde der dorsalen Radialecke der Basis dieses Knochens (Fig. 6. β.) Die rauhen Stellen der S. radialis und digitalis hatten offenbar zum Ansatze von Lig. interossea zum Multangulum minus und Metacarpale III. gedient.

Grösse. Die grösste Länge beträgt 1·3 Cm.; die Dicke an der Basis 0.9—1 Cm.; die Breite am abgestutzten Ende 7 Mm.

Dem Metacarpale III. fehlt der Processus styloideus (Fig. 7). Statt seiner ist an der Basis des Knochens, an dessen dorsaler Radialecke (*b*) ein schwach erhöhtes dreiseitiges Feld (*α*. β.) zu sehen, welches an der ulnaren Hälfte ein Gelenkfeld (β) ist. An dieser Ecke der Basis des Metacarpale III. und tiefer als diese, steht vom Rücken des letzteren ein kleiner Kamm (γ) horizontal hervor. Der Kamm hat die Gestalt des Viertelsegmentes einer elliptischen Platte, das mit dem geraden Rande verwachsen, mit dem gekrümmten Rande dorsalwärts und mit dem kurzen Rande radialwärts gekehrt ist. Das Gelenkfeld an der dorsalen Radialecke (β) der Basis musste zur Articulation mit dem supernumerären Ossiculum, das rauhe Feld (*α*) daneben und der kleine dreiseitige Kamm (γ) aber zum Ansatze von Lig. interossea zur Verbindung mit dem Körper und dem Ende des supernumerären Ossiculum gedient haben.

Die übrigen Knochen dieser rechten Hand, alle Knochen der linken Hand und überhaupt alle anderen des Skeletes hatten nichts Abnormes an sich.

Vergleicht man das über diesen Fall des Vorkommens eines neunten Ossiculum carpi Mitgetheilte mit dem, was über das durch eine Epiphyse oder Apophyse vergrösserte Multangulum minus und über das aus der den mangelnden Processus styloideus des Metacarpale III. substituirenden Epiphyse des letzteren Knochens entwickelte neunte Ossiculum carpi gekannt ist, so kann nicht bezweifelt werden, dass das neunte Ossiculum carpi dieses Falles sich aus einer Epiphyse eines anomal vergrösserten Multangulum minus hervorgebildet habe, und dass somit dieses, den Processus styloideus des Metacarpale III. in der unteren Reihe der Knochen der Carpus ersetzende supernumeräre Ossiculum, zweierlei Ursprunges sei, falls nicht beide Formen schon vom Ursprunge an durch einen besonderen, isolirten Handwurzelknorpel präformirt sind, was als möglich vermuthet werden kann, aber noch nachzuweisen ist. Von einer Analogie dieser Art neunten Ossiculum vielleicht mit dem Os. intermedium carpi der Thiere kann keine Rede sein, wie ich schon bei dem, aus der den Processus styloideus des Metacarpale III. vertretenden Epiphyse hervorgegangenen neunten Ossiculum carpi und bei dem von mir entdeckten wahren Analogon des Os. intermedium der Thiere bei dem Menschen auseinandergesetzt habe.[1])

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1.

Carpus mit neun Knochen nebst den Basalstücken der Metacarpalia der rechten Hand eines Mannes. (Ansicht von der Dorsalseite).

1. Os naviculare.
2. „ lunatum.
3. „ triquetrum.
4. „ pisiforme.

---

1) S. meine verschiedenen Aufsätze.

5. Os multangulum majus.
6. „ „ minus.
7. „ capitatum.
8. „ hamatum.
9. Aus der Epiphyse eines durch einen fortsatzartigen Anhang vergrösserten Multangulum minus entwickeltes Ossiculum supernumerarium.
10. Basalstücke der Metacarpalia.

Fig. 2.

Os multangulus minus in Verbindung mit dem Ossiculum supernumerarium (Ansicht von oben und hinten).

a. O. multangulum minus.
  α. Gelenkfläche der S. brachialis.
  β. Gelenkfläche der S. ulnaris.
b. Os supernumerarium.
  α'. Obere Abtheilung der S. dorsalis.
  β'. Hintere „ „ „

Fig. 3.

Os multangulum minus.

(Ansicht von der Brachial- und Ulnarseite).

α. Gelenkfläche der S. brachialis.
β. Gelenkfläche der S. ulnaris.
γ. Abgestutztes Ulnarende.

Fig. 4.

Dasselbe (Ansicht bei abwärts gekehrter Radial-, vorwärts gekehrter Brachialseite und auswärts gerichtetem, abgestutztem Ulnarende.)

α. Gelenkfläche der Superficies ulnaris.
β. „ „ „ digitalis.
γ. Rauhe Stelle am Ulnarende.
γ'. Gelenkfläche „ „

Fig. 5.

Ossiculum supernumerarium.

(Ansicht seiner Basis bei abwärts gekehrter Digital- und rechts gerichteter Ulnarseite.)

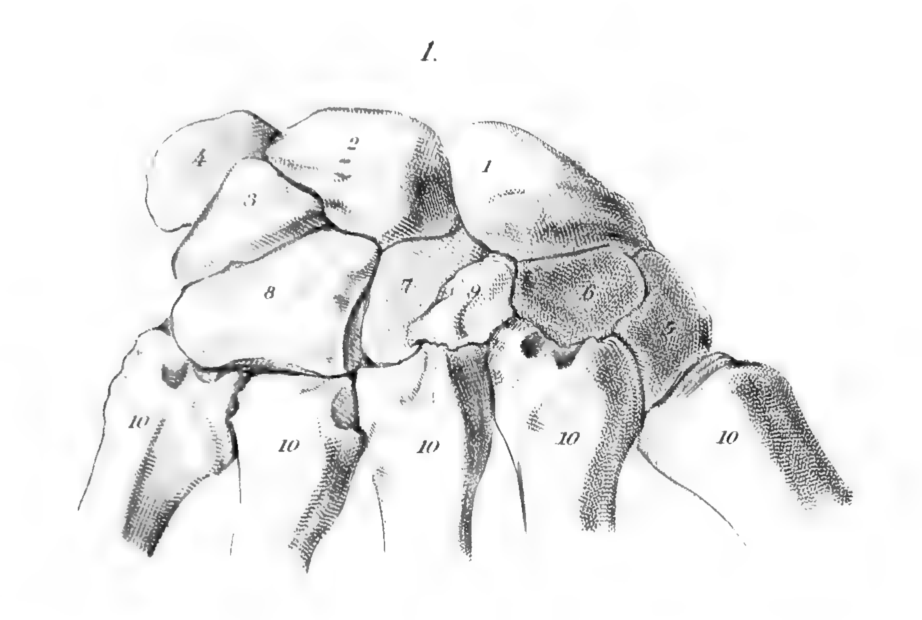
α. Rauhe Stelle.
β. Gelenkfläche zur Articulation mit dem Multangulum minus.
γ. Gelenkfläche zur Articulation mit dem Metacarpale II.

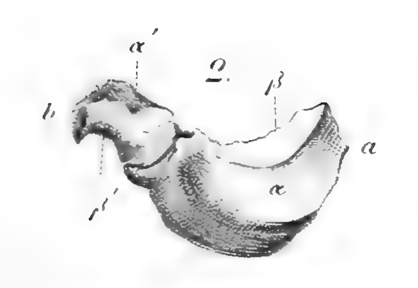
Fig. 6.

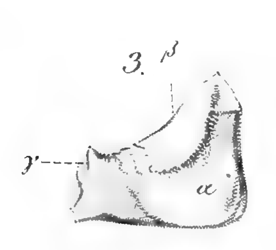
Dasselbe (Ansicht bei aufwärts gekehrter Basis und rechts und rückwärts gerichteter Dorsalseite).

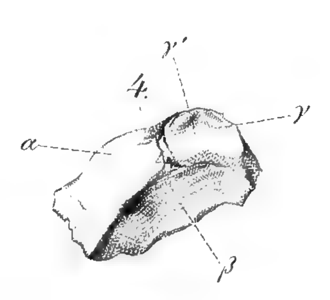
α. Gelenkfläche an der S. ulnaris zur Articul. mit dem Capitatum.
β. Rauhe S. dorsalis.

1.

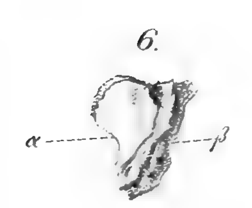


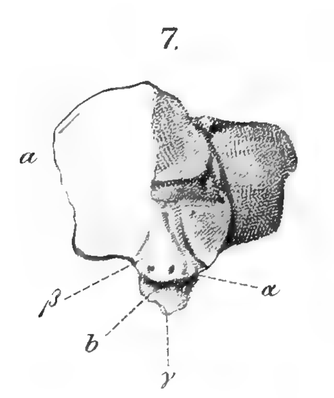












Dinjikof del. W. Grohmann sc.

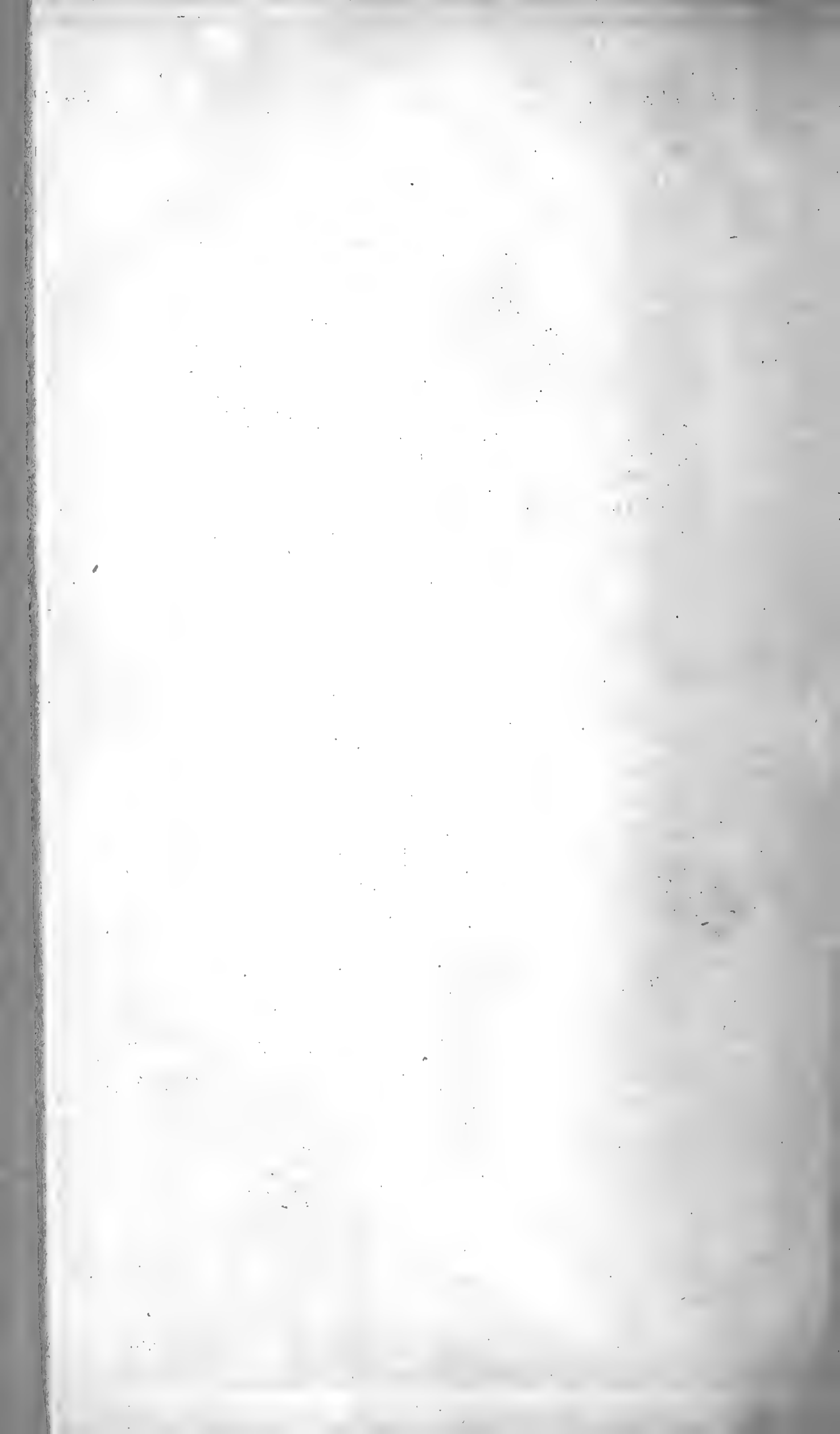


Fig. 7.

Basalstück des Os metacarpale III. (Ansicht der Basis des Knochens bei abwärts gekehrter Dorsal- und links gerichteter Ulnarseite.)

a. Gelenkfläche zur Articulation mit dem Capitatum.

b. Dorsale Radialecke.

α. Rauhe Stelle,

β. Gelenkfeld,

γ. Anomaler Dorsalkamm

zur gelenkigen und ungelenkigen Verbindung mit dem Ossiculum supernumerarium carpi.

Institut für die praktische Anatomie.

St. Petersburg, am $\frac{\text{24. September}}{\text{6. October}}$ 1875.

Ein Nachtrag zum Vorkommen des zweigetheilten Jochbeines — Os zygomaticum bipartitum —, bei Anwesenheit des Kiefer-Schläfenbogens — Arcus maxillo-temporalis intra-jugalis — Gruber.

Von

Dr. Wenzel Gruber,
Professor der Anatomie in St. Petersburg.

Hierzu Taf. VI.

Ich habe in drei meiner Schriften[1]) über 14 Schädel, wovon 12 männlichen und zwei weiblichen Individuen angehört hatten, berichtet, welche mit dem zweigetheilten Jochbeine — Os zygomaticum bipartitum — behaftet sind. An 2 derselben kam das zweigetheilte Jochbein beiderseitig, an 2 derselben nur rechtseitig, und an 5 derselben nur linkseitig vor. An 3 dieser Schädel, wovon 2 das zweigetheilte Jochbein beiderseitig und 1 dasselbe nur linkseitig aufweisen, ist beiderseitig auch der von mir beim Menschen entdeckte und als Thierbildung merkwürdige Kiefer-Schläfenbogen — Arcus maxillo-temporalis-intra-jugalis — zugegen.[2])

Zu dieser Sammlung konnte ich noch einen Schädel, wel-

---

1) a. Monographie über das zweigetheilte Jochbein — Os zygomaticum bipartitum — bei dem Menschen und den Säugethieren; und Bericht über die Leistungen der praktischen Anatomie an der med.-chir. Akademie in St. Petersburg 1868/68—1871/72. (Mit 1 Tafel.) Wien 1873. 4⁰. — b. Ueber den an der Schläfenfläche des Jochbeines gelagerten Kiefer-Schläfenbogen — Arcus maxilllo-temporalis intrajugalis — beim Menschen (Thierbildung); nebst Nachträgen zum zweigetheilten Jochbeine — ohne oder mit Vorkommen des Kiefer-Schläfenbogens —. Dies Archiv, 1873. S. 234. Taf. V. — c. Ein Nachtrag zum Vorkommen des zweigetheilten Jochbeines — Os zygomaticum bipartitum — beim Menschen. — Dies Archiv, 1875. S. 194. Taf. V, *B*. Fig. 1.

2) S. vorige Note sub b.

cher nicht nur rechtseitig ein zweigetheiltes Jochbein, sondern auch beiderseitig den Kiefer-Schläfenbogen besitzt, den ich bei der Durchmusterung von 367 Schädeln aus der Maceration vom J. 1874/75 angetroffen hatte.

Ich werde im Nachstehenden auch über diesen Schädel, welcher zugleich der 4. eigener Beobachtung ist, an dem bei Anwesenheit des zweigetheilten Jochbeines der Kiefer-Schläfenbogen vorkommt und am Zygomaticum secundarium maxillo-temporale eine in anderen Fällen noch nicht beobachtete Eigenthümlichkeit aufweist, berichten.

Der Schädel gehörte einem männlichen Individuum an und zeigte manche Erkrankungen am Dache und am Processus alveolaris des rechten Maxillare superius, die ohne alle Beziehung zu den Abweichungen an und hinter dem Zygomaticum stehen.

Das linke Zygomaticum ist einfach und normal. Es beträgt seine Höhe an einer Linie von der Mitte des Orbitalrandes zur Mitte des Massetericalrandes 2·8—2·9 Cent.; seine Breite an der Mitte 1·9 Cm.; die Entfernung des vorderen Endes des Massetericalrandes an der Spitze seines Processus maxillaris 3·4 Cm.; die Entfernung des vorderen und hinteren Endes des Massetericalrandes vom Ende des Processus frontalis 4·5 Cm.

Das rechte Zygomaticum (*a*) ist durch eine quere Naht — Sutura zygomatica —, welche vorwärts etwa über dem unteren Fünftel der Höhe des Knochens verläuft, vorn 11 Mm. über der Spitze des Processus zygomaticus des Maxillare superius in der Sutura zygomatico-maxillaris beginnt, hinten von der Spitze des Processus zygomaticus des Temporale an der Mitte der winkligen S. zygomatico-temporalis und dem Massetericalrande nicht völlig parallel zieht, zweigetheilt — Zygomaticum bipartitum —. Von den beiden über einander liegenden Stücken — Zygomatica secundaria — ist das obere — Z. secundarium superius s. orbitale (*a*') — wie in anderen derartigen Fällen, unverhältnissmässig gross und wie das Zygomaticum normale von den Canaliculi zygomatici durchbohrt; das untere — Z. secundarium inferius s. maxillo-temporale (*a*'') —, welches

den Massetericalrand des Zygomaticum trägt und die diesem zunächst liegende Partie des Knochens einnimmt, klein.

Das Zygomaticum maxillo-temporale (a'') hat unter dem Z. s. orbitale, zwischen der Spitze des Processus zygomaticus des Maxillare superius und darüber und der unteren Hälfte des Endes des Processus zygomaticus des Temporale seine Lage und stellt den vorderen Abschnitt des von ihm und dem Processus zygomaticus des Temporale gebildeten Jochbogen dar. Dasselbe hat die Gestalt einer unregelmässig länglich-vierseitigen, von vorn nach hinten an Breite (Höhe) abnehmenden Platte, welche zwei Flächen, zwei Enden, zwei Ränder und einen ganz ungewöhnlichen Fortsatz, der an keinem der Zygomatica maxillo-temporalia früherer Fälle vorgekommen war, aufweist. Von den Flächen ist die Gesichtsfläche schwach convex und die Schläfenfläche schwach concav. Von den Enden, die geradlinig sind und zur Verbindung dienen, ist das vordere schräg ab- und vorwärts, das hintere ab- und rückwärts abgeschnitten.

Von den Rändern ist der obere geradlinige ein Verbindungsrand, der untere frei, der Massetericalrand des Z. commune, vorn mit einem Fortsatze (α) von der Gestalt einer dreiseitigen, platten Zacke, hinten mit dem von der hinteren Ecke ganz oder doch vorzugsweise constituirten Tuberculum massetericum (β), auf dessen Vorkommen am Jochbogen zwischen dessen beiden Abschnitten ich aufmerksam gemacht hatte,[1]) und zwischen beiden mit zwei Ausbuchtungen versehen. Dasselbe steht am oberen Rande durch die 1·6 Cm. lange Sutura zygomatica mit dem Z. s. orbitale, am vorderen Ende durch das untere Endstück der S. zygomatico-maxillaris mit dem Processus zygomaticus des Maxillare superius, am hinteren Ende durch die untere Hälfte der S. zygomatico-temporalis mit dem Processus zygomaticus des Temporale in Verbindung. Es beträgt seine Länge am oberen Rande 1·6 Cm., am unteren Rande 2·5 Cm.; seine Breite (Höhe) am vorderen Ende 11 Mm., am

2) Ueber supernumeräre Knochen im Jochbogen. Dies Archiv, 1873. S. 339.

hinteren Ende 8 Mm., an der Stelle mit dem Fortsatze bis 16 Mm. Der als dreiseitige Zacke vom vorderen $^2/_5$ des unteren Randes ausgehende und gerade abwärts hervorstehende Fortsatz (α) ist am Abgange 1 Cm. breit und 7 Mm. hoch. Mit seinem 9 Mm. langen vorderen Rande verlängert er den vom Processus zygomaticus des Maxillare superius gebildeten Bogen um etwa $^3/_7$ seiner Länge und macht diesen viel tiefer als links.

Am Zygomaticum bipartitum dextrum beträgt die Höhe an der Mitte 3·5 Cm., seine Breite an der Mitte 1·8—1·9 Cm.; die Entfernung des vorderen Endes des Massetericalrandes von der Spitze des Processus maxillaris 3·9 Cm.; die Entfernung desselben vom Ende des Processus frontalis 4·5 Cm.; die Entfernung des hinteren Endes des Massetericalrandes vom Ende des Processus frontalis 4·9 Cm., die Entfernung der Spitze des anomalen Fortsatzes am Massetericalrande von der Spitze des Processus maxillaris 4·6 Cm. und vom Ende des Processus frontalis 5·8 Cm. Das Zygomaticum bipartitum dextrum ist daher wohl ähnlich breit, wie das Zygomaticum normale sinistrum, aber auffallend höher als dieses.

An beiden Seiten ist der Arcus maxillo-temporalis-intra-jugalis (*d*) zugegen. Am Zygomaticum bipartitum bedeckt dieser die S. zygomatica an der Schläfenseite. Zur Herstellung des rechten Arcus trägt vorzugsweise die Spina zygomatico-temporalis (γ) des Processus zygomaticus des Maxillare superius (*b*), zu der des linken Arcus aber vorzugsweise die Spina zygomatico-maxillaris des Processus zygomaticus des Temporale bei. Beide Arcus, namentlich der rechte (*d*), haben eine beträchtliche Breite (Höhe). Diese betrug an der schmalsten Stelle am rechten Arcus noch 7 Mm.

Damit sind mir bis jetzt 15 Schädel mit dem Zygomaticum bipartitum, und zwar beiderseitig an 7, nur rechtseitig an 3 und nur linkseitig an 5, d. i. 22 Zygomatica bipartita zur Beobachtung gekommen. Unter diesen Schädeln waren 4, wovon 2 das Z. bipartitum beiderseitig, 1 nur rechtseitig und 1 nur linkseitig aufwiesen, zugleich mit dem Arcus maxillo-temporalis-intra-jugalis beiderseitig behaftetes, d. i. es war dieser mit 6 Zygomatica bipartita aus 22 und mit 2 Z. normalia aus

8 von 15 Schädeln aufgetreten. Nach diesen und den Angaben aus der Literatur[1]) ist ferner damit die Zahl der bis jetzt zur Kenntniss gekommenen Schädel mit Zygomatica bipartita nach fremden und eigenen Beobachtungen wenigtens auf 46 gestiegen.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 2.

Stück der rechten Gesichtshälfte des Schädels eines Mannes mit der Schläfengrube.

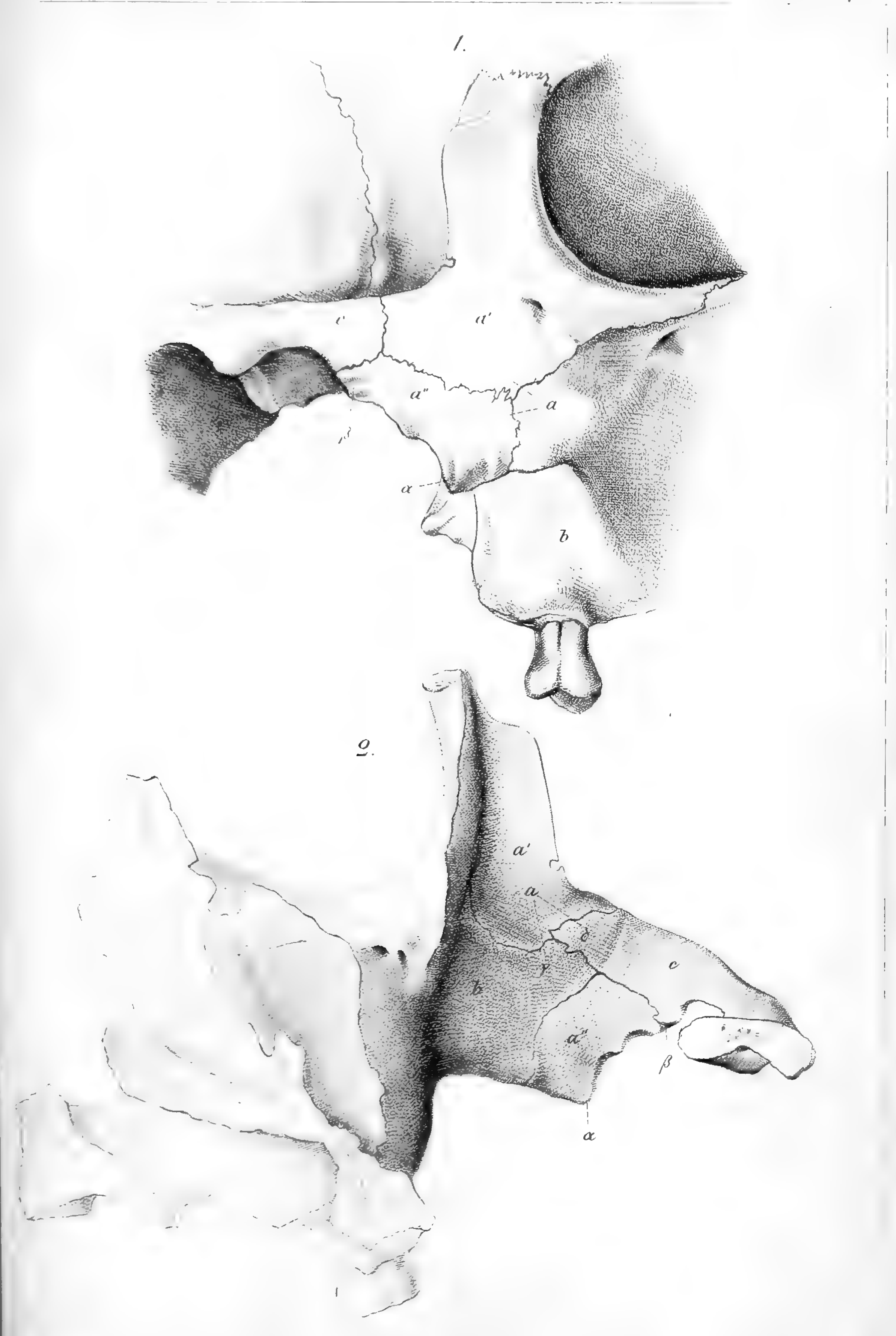
Fig. 2.

Dasselbe Stück mit dem Processus zygomaticus des Temporale vom Schädel getrennt, zur Ansicht des an der Schläfenfläche des Arcus zygomatico-temporalis, zu dessen Verstärkuug, gelagerten Arcus maxillo-temporalis-intra-jugalis.

a Os zygomaticum bipartitum.
a'. „ „ secundarium orbitale.
a''. „ „ „ maxillo-temporale.
b. Maxilla superior.
c. Processus zygomaticus des Temporale.
d. Arcus maxillo-temporalis intra-jugalis.

---

1) S. angeführte Schriften sub a. und c. (In meinem Aufsatze: „Ein Nachtrag zum Vorkommen des zweigetheilten Jochbeines beim Menschen" — dies Archiv 1875, S. 199. Note 10 — hatte ich nach Garbiglietti's Citaten „Davis Angaben über Fälle vom Vorkommen der Zygomatica bipartita mitgetheilt. Da mir gegenwärtig das Werk von Joseph Barnard Davis — Thesaurus craniorum (Catalogue of the sculls of the various races of man) London 1867. 8. — vorliegt, so kann ich aus dem Originale anführen, dass Davis in der That in seiner Collection den Schädel eines Dayak (sub No. 1244) — — a. a. O. S. 293 — und den Schädel eines andern Dayak (sub No. 1409) — a. a. O. S. 297 — besitze, wovon ersterer nur auf der rechten Seite und letzterer auf beiden Seiten das Zygomaticum bipartitum (sein Z. accessorium) aufweise. Er führt ferner (a. a. O. S. 291) abgesehen vom Bekannten an: dass der in van der Hoeven's Catalogus verzeichnete Negerschädel (sub No. 141) auf beiden Seiten, ein Dayak-Schädel im Würzburger Museum (beiderseitig oder einseitig?) das Zygomaticum bipartitum besitze, dass ihm Welcker vom Vorkommen desselben auf der linken Seite eines Dayak-Schädels unter den von den Gebrüdern Schlagintweit gesammelten Schädeln aus Indien die Anzeige gemacht habe.)



Dugikof del. W. Grohmann sc.



α. Processus massetericus anomalus,
β. Tuberculum massetericum
am O. zygomaticum maxillo-temporale.
γ. Spina zygomatico-temporalis der Maxilla superior,
δ. Spina zygomatico-maxillaris des Processus zygomaticus des Temporale,
zur Bildung des Arcus maxillo-temporalis.

Institut für die praktische Anatomie.

St. Petersburg, am $\frac{\text{24. September}}{\text{6. Oktober}}$ 1875.

Beiträge zur Physiologie

von

Dr. Dönhoff.

I. Geringe Fäulnissfähigkeit des löslichen Hühnereiweiss.

In ein Zimmer, dessen Tages-Temperatur 19° C. betrug, brachte ich frische und gekochte Hühnereier. Nach 2 Monaten hatten erstere noch keinen Geruch angenommen, und waren geniessbar. Die letztern dagegen liessen am 8ten Tage einen deutlichen Ammoniakgeruch wahrnehmen und schmeckten so stark ammoniakalisch, dass sie nicht zu geniessen waren. Hielt ich über sie ein Glasstäbchen mit einem Tropfen Salzsäure, so entwickelte derselbe lebhafte weisse Nebel.

Ich füllte ein Gläschen mit frischem Hühnereiweiss. Um die schnelle Verdunstung zu hindern, nahm ich eins mit ziemlich enger Oeffnung. Nach 5 Wochen konnte ich an dem im geheizten Zimmer aufbewahrten Eiweiss noch keinen Geruch wahrnehmen.

Sodann goss ich in ein Glas frisches Hühnereiweiss mit Wasser, und in ein zweites Glas gekochtes mit derselben Menge Wasser gemischt, legte in jedes einen blanken Thaler und hob beide Gläser in einem geheizten Zimmer auf. Die Mischung des frischen Eiweiss begann erst mehre Wochen später deutlichen Fäulnissgeruch zu entwickeln, als die des gekochten. Die Thaler färbten sich dem entsprechend auch verschieden schnell schwarz. Bemerkenswerth ist, dass die Schwefelwasserstoffreaction nicht von Anfang an allmählig, sondern erst nach längerer Zeit eintritt, oft erst, wenn der Fäulnissprocess sich schon längst durch üble Gerüche kenntlich gemacht hat. Es

scheint, dass der Schwefelwasserstoff ein secundäres Product der Fäulniss ist.

Bacillarien treten in ungekochtem und rohem Eiweiss zu gleicher Zeit auf, wenn sie mit derselben Menge Wasser infundirt werden.

Gekochter, mit Wasser übergossener Eidotter fault ebenfalls früher, als ungekochter, ebenso behandelter. Doch beträgt hier die Differenz nur einige Tage.

In einem Versuche, den ich allerdings nicht wiederholt habe, gab eine ungekochte Mehlinfusion früher einen Fäulnissgeruch als gekochte. Wahrscheinlich war in letzterer die Kleisterbildung der Fäulniss hinderlich. Die grössere Widerstandsfähigkeit des frischen Eiweiss gegen die Fäulniss ist wichtig für die Entwicklung der Eier. Manche Vögel legen bis zu 24 Eier, ehe sie zu brüten beginnen. Die ersten Eier würden demnach faul sein, ehe das Brüten beginnt, wenn das rohe Eiweiss so schnell in Fäulniss überginge, wie geronnenes Eiweiss, wie Vitellin, Myosin oder Kleber.

Wird Dotter durch Umrühren oder durch Mischen mit Wasser zerstört, so fault er schnell. Im Ei wird er durch unbekannte Umstände länger vor der Fäulniss geschützt.

II. Mangel der Zweckvorstellungen bei den instinctmässigen Handlungen der Thiere.

Hühner lassen den Gluckton, durch welchen die Jungen später herbeigelockt werden, gewöhnlich schon kurz vor und während des Brütens hören. Eine höchst interessante Beobachtung aber habe ich im vorigen Jahr an einem meiner Hühner gemacht. Dasselbe fing Anfangs Mai an zu brüten, hörte aber nach einigen Tagen wieder auf. Von da bis Ende August benahm es sich nun vollständig wie ein Mutterhuhn. Streute ich ihm Brot hin, so zerkleinerte es dasselbe, nahm die kleinen Stückchen wiederholt auf, und legte sie wieder hin, indem es unterdessen immer den Ton ausstiess, mit welchem Mutterhühner ihre Küchelchen zu locken pflegen. Erst wenn das lange Locken ohne Erfolg blieb, frass es die Krümel auf. Nä-

herte ich mich dem betreffenden Huhn, so flog es mit gesträubtem Gefieder auf mich los, als ob es Junge zu beschützen gehabt hätte. Des Nachts sass es nicht wie früher auf der Stange bei den andern Hühnern, sondern auf ebener Erde im Stroh, die Flügel gespreizt nach Art der Mutterhühner, die ihre Brut unter den Flügeln versammelt haben.

Ich setzte das Huhn allein in eine Stube; es benahm sich hier ebenso. Nach einigen Tagen liess ich es wieder frei. Höchst ergötzlich war nun das Benehmen zweier alten Enten. Dieselben hatten bald gemerkt, dass das Huhn lockte, wenn es etwas Geniessbares gefunden hatte. Sie machten sich dies zu Nutze, begleiteten das Huhn beständig, eilten auf sein Locken sofort herbei und verzehrten die Früchte seines emsigen Suchens. Ruhte das Huhn aus, so legten sich die Enten zu seiner Seite; stand es auf, so erhoben sie sich ebenfalls. Es lässt sich denken, dass das Huhn dabei so mager wurde, wie ein Mutterhuhn.

Sicher ist, dass dieses Huhn, welches, trotzdem es keine Jungen hatte, doch sämmtliche Handlungen der Brutpflege ausübte, durch keine Zweckvorstellungen zu denselben veranlasst wurde. Es ist daher auch anzunehmen, dass Hühner, wenn sie wirklich Junge haben, und sie den Lockton hören lassen, dabei nicht die Vorstellung hegen, dass die Jungen herbeieilen sollen, das Futter zu fassen. Sie haben dabei keinen Zweck, sondern die instinctmässige Handlung ist ein blinder Mechanismus, der durch innere Ursachen oder durch äussere Sinnesreize, nicht durch eine angeborene Zweckvorstellung ins Werk gesetzt wird.

III. Instinctmässiges Tiefensehen.

Am 18. September vorigen Jahres fand ich in einem Hühnerneste 4 Fuss hoch über dem Boden vier während der Nacht ausgekrochene Hühnchen; spät am Abend vorher hatte ich die Eier noch gesehen. Die Küchelchen konnten demnach das Nest noch nicht verlassen haben, denn Niemand wäre dagewesen, der sie wieder hineingesetzt hätte. Ich sperrte die Jungen mit der Henne in einen Käfig, in welchem keine Stan-

gen waren, auf die sie hätten fliegen können, und nahm den Käfig mit auf meine Stube. Am andern Tage kam ich auf den Gedanken, zu untersuchen, ob die Thierchen Tiefenwahrnehmung hätten, ehe sie Gelegenheit gehabt hätten, Erfahrungen zu machen. Ich setzte ein Hühnchen auf einen Tisch und den Käfig mit der Henne vor denselben. Das Thierchen gab sofort durch lautes Piepen seine Unruhe zu erkennen, jedoch machte es keinen Versuch von dem Tisch herunterzuspringen. Setzte ich nun einen Stuhl an den Tisch, so sprang es sofort auf denselben und von hier herab zur Mutter auf den Boden. Da es möglich war, dass dieses Hühnchen die grössere Nähe des Stuhls dadurch erkannte, dass von demselben mehr Licht in sein Auge fiel, als von dem entfernteren Boden, so setzte ich ein anderes auf den Tisch, stellte einen Stuhl etwa 2 Fuss vom Hühnchen, und beschattete den Stuhl. Das Thierchen lief sofort über den Tisch nach dem Stuhle hin, und benutzte ihn, um auf den Boden zu gelangen. Ich setzte das dritte Hühnchen auf den Tisch, bedeckte den Boden vor demselben mit einem weissen Tuche, und doch lief auch dieses Hühnchen wie die anderen zu dem dunkleren Stuhl. Das vierte Hühnchen setzte ich auf meine Hand, welche ich 4 Fuss hoch über der Decke eines Betts hielt. Das Thierchen blieb piepend sitzen, und sprang erst herunter, wenn ich die Hand bis auf etwa ½ Fuss der Bettdecke näherte. Hielt ich ein Buch, auf welchem ein Mehlwurm lag, einem auf dem Tisch sitzenden Hühnchen in etwa 1 Fuss Entfernung vor, so guckte das Thierchen wohl nach dem Wurm, versuchte aber nicht ihn zu erfassen. Erst wenn ich den Wurm so weit näherte, dass es ihn erfassen konnte, griff es zu. Diese Versuche wurden variirt bei Lampenlicht wiederholt, gaben aber immer dasselbe Resultat.

Vor drei Jahren nahm ich das Nest eines Bienenschneppers mit Jungen aus einem Weinstock heraus, und setzte es in einem Käfig in ein Zimmer, dessen Fenster geöffnet blieben. Die Alten konnten so zufliegen, und ihre Jungen füttern. Als diese ganz flügge waren, öffnete ich eines Tages den Käfig. Ein Junges flog heraus und setzte sich auf den Zweig eines vor dem Fenster stehenden Baumes. Als ich es von hier ver-

scheuchte, flog es auf den Zweig eines andern Baumes. Das Thier musste eine Empfindung von der Nähe und Ferne des Zweiges haben, denn als es ihm nahe gekommen war, mässigte es seinen Flug, um nicht über das Ziel hinauszuschiessen.

Ein andermal setzte ich einem Stock eine italienische Königin zu. Als nach meiner Berechnung bald junge Bienen auskriechen mussten, setzte ich den Stock zehn Tage in den Keller, dann brachte ich ihn auf den Stand zurück und öffnete das Flugloch. Es dauerte nicht lange, so kroch eine italienische Biene, deutlich an ihrer gelben Farbe zu erkennen, heraus, um ihren ersten Ausflug zu halten. Sie flog ab, kehrte zurück und setzte sich auf das dicht unter dem Flugloch befindliche Flugbrett. Nun befestigte ich das Brett ungefähr einen halben Fuss tiefer am Stock. Die nächste italienische Biene, welche ihren Ausflug gehalten hatte, setzte sich nicht auf das Flugbrett, sondern direct an das Flugloch und so alle folgenden. Die erste Biene empfand also die Nähe des Flugbrettes, die andern empfanden dessen Entfernung.

Bei den Hühnchen und dem Bienenschnepper konnten es Accommodations- und Convergenzempfindungen sein, welche sie leiteten, bei den Bienen nur Accommodationsempfindungen. Da junge Eichhörnchen mit der grössten Sicherheit Sprünge in verschiedener Entfernung machen, so muss ihnen ebenfalls Tiefenwahrnehmung angeboren sein. Zugleich muss die Stärke der Muskelcontraction für die Sprünge in verschiedener Entfernung instinctmässig angelegt sein, sonst würden sie jeden Augenblick ihr Ziel verfehlen und zu Boden fallen, was in Wahrheit nur höchst selten geschieht.

IV. Die Geschlechtsorgane im Zusammenhang mit den Blutansammlungen in den Fleischanhängen der Hühner.

Der Kamm der jungen Hühner ist anfangs blass und fängt erst im nächsten Frühjahr an sich zu röthen, bei einem Huhn früher, beim andern später. So lange der Kamm blass ist, legt das Huhn nicht, und fängt er an, sich zu röthen, so ist dies ein sicheres Zeichen, dass das Huhn bald anfangen wird, Eier zu legen. Während des Brütens wird der Kamm dann

wieder blass und sein Rothwerden bezeichnet jedesmal wieder den baldigen Beginn des Eierlegens. Was vom Kamm gesagt ist, gilt zugleich von den Troddeln unter dem Kinn. Das Futter hat durchaus keinen Einfluss auf diesen Farbenwechsel. Man kann im Herbst, wenn die Zeit des Eierlegens bei den Hühnern vorbei ist, noch so stark füttern; die Fleischanhänge bleiben blass.

Bei den jungen Hähnen röthet sich der Kamm schon im ersten Sommer und er behält nun diese lebhafte Färbung das ganze Leben hindurch. Es tritt dem entsprechend bei jungen Hähnen die Geschlechtsreife auch schon im ersten Sommer ein. Kastrirt man einen Hahn, so werden Wangen und Fleischanhänge so blass wie die Haut eines bleichsüchtigen Mädchens. Deshalb schneidet man beim Kapauniren wahrscheinlich auch den Kamm und die Troddeln ab. Aber trotzdem behalten die Kapaune ein kränkliches Ansehn, denn die Stümpfe der Anhänge und der Wangen werden vollständig farblos. Um zu prüfen, ob das Abschneiden der Fleischanhänge allein die bleiche Farbe der Stumpfe verursachen kann, schnitt ich dieselben drei jungen Hähnen ab, aber nach drei Monaten sind Stumpf und Wangen noch so hochroth wie vor der Operation. Gleich nach dem Abschneiden, wenn die Blutung vorbei war, waren die abgeschnittenen Kämme bleich; die rothe Farbe rührt also nur von dem Blutgehalte her. Die Geschlechtsdrüsen haben mithin die Kraft in den Fleischanhängen einen Blutturgor hervorzurufen. Derselbe hört bei kastrirten Hähnen vollständig auf, weil jede Einwirkung der Geschlechtsorgane aufhört. Bei Hühnern, die nicht legen, wird der Kamm nicht so todtenbleich, wie bei Kapaunen, ist deshalb die Congestion nicht so vollständig aufgehoben. Der Eierstock, wenn er auch augenblicklich nicht functionirt, bewirkt doch noch einen schwachen Turgor.

Studien über die Physiologie der Gewebselemente.

Von

Konrad Hällstén,
Professor in Helsingfors.

Die Erregbarkeit an verschiedenen Stellen desselben Nerven.

(Uebertragen aus: Finska Läkare-Sällskapets Handlingar. Helsingfors 1875. Heft 2.)

In einer Abhandlung „Om Protoplasma-Rörelser och Funktionstillståndet i Nervsystemet“ (Von den Protoplasma-Bewegungen und der Nerventhätigkeit) Helsingfors 1873“ habe ich das Resultat einiger Untersuchungen in Betreff der Reizbarkeit in sensiblen Nerven erwähnt; die Methode, die hierbei angewandt wurde, konnte jedoch in dieser Abhandlung in ihren Einzelheiten nicht angegeben werden; daher und weil dieselbe Methode auch in einigen folgenden Untersuchungen angewandt ist, möge deren Beschreibung zunächst hier Platz finden.

Das Verfahren war folgendes: die beiden hinteren Extremitäten eines Frosches im Zusammenhange mit dem Lumbal-Theile des Rückens wurden lospräparirt; die Haut wurde abgezogen und die beiden Nervenstämme in ihrer ganzen Ausdehnung vom Rückenmarkscanale bis zur Fossa poplitea lospräparirt; die Weichtheile in der Nachbarschaft des Rückenmarkscanales und das Os sacrum wurden entfernt; der eine Nervenstamm wurde in der Fossa poplitea abgeschnitten; auf der anderen Seite dagegen wurde der M. gastroknemius im Zusammenhange mit dem Nervenstamme und mit dem Os femoris und der Achillessehne erhalten. Das Präparat bestand

dergestalt aus den beiden Nervi ischiadici in Verbindung mit dem Lumbaltheile des Rückenmarks, und aus dem einen Wadenmuskel im Zusammenhange mit seinem motorischen Nerven und mit dem Os femoris und der Achillessehne. Dieses Präparat wurde in gewöhnlicher Weise in Pflüger's Myographion befestigt, und zugleich der Rückenmarkscanal mit Nadeln auf einer Unterlage von Kork, die auf dem Myographion-Tische verschoben werden konnte, fixirt. Dabei wurde natürlich die nöthige Vorsicht beobachtet, um möglichst zu vermeiden, dass die Nervenstämme gespannt würden, oder vertrockneten, oder in anderer Weise litten. Schliesslich sei noch erwähnt, dass bei elektrischer Reizung den Elektroden, auf welchen der Nerv ruhte, die Ströme dadurch zugeführt wurden, dass die amalgamirten Poldrähte gleichzeitig in zwei Quecksilber-Gefässe, die mit den Elektroden in Verbindung standen, eingetaucht wurden, — so dass Stromschleifen und auch unipolare Erscheinungen als ausgeschlossen zu betrachten sind.

So habe ich gefunden — wie in der genannten Abhandlung S. 43—44 angegeben ist — dass die Reflex-Zuckung von verschiedener Grösse ist, wenn der sensible (d. h. der abgeschnittene) Nervenstamm in verschiedenen Stellen mit Inductionsströmen von derselben Intensität gereizt wird. Bei der Ausführung dieser Untersuchung wurde der abgeschnittene Nervenstamm auf zwei Paare von Elektroden, das eine näher dem Centrum, das andere näher dem abgeschnittenen Ende des Nerven gelegt, und beide Elektrodenpaare konnten nach Belieben durch Quecksilber-Gefässe mit der secundären Spirale eines du Bois-Reymond'schen Inductoriums verbunden werden. Als Elektroden schliesslich wurden hierbei entweder ganz einfach zwei Paare von Nadeln, oder die bekannten unpolarisirbaren Thonstiefeln mit amalgamirten Zinkstreifen in concentrirter Zink-Sulphat-Lösung gebraucht. — Im Sommer 1872, als diese Untersuchung zum ersten Male ausgeführt wurde, und später als dasselbe Experiment bei den Demonstrationen und praktischen Uebungen wieder aufgenommen worden ist, hat sich hierbei gezeigt, dass minimale Erregung durch Ströme verschiedener Intensität erzeugt wird, je nachdem die Reizung in ver-

schiedenen Stellen des Nervenstammes geschieht; bei Reizung näher dem Centrum genügt nämlich eine kleinere Intensität um Reflex-Zuckung hervorzurufen, als bei Reizung in grösserem Abstande davon.

Unter den Verhältnissen, unter welchen diese Untersuchung ausgeführt wurde, ist die Reizung durch eine Summirung der auf einander folgenden Inductions-Schläge hervorgerufen, wie einfach dadurch bewiesen wird, dass wenn bei gleichem Rollenabstande wie im vorigen Experiment, der Strom im primären Kreise nicht auf gewöhnliche Weise vermittelst des Wagner'schen Hammers geschlossen und geöffnet wird, sondern in Quecksilber, so rufen die so erzeugten einfachen Inductionsschläge keine Reflex-Zuckung hervor. Aus diesem und noch aus einem anderen Grunde, von dem sogleich die Rede sein wird, habe ich neulich diese Untersuchung noch einmal aufgenommen mit der Veränderung, dass nur ein einziger Inductionsschlag als Reiz gebraucht wurde. Bei den ersten derartigen Versuchen zeigte sich, dass auch die stärksten Inductionsschläge eines gewöhnlichen du Bois-Reymond'schen Schlitten-Apparates nicht hinreichende Intensität haben, um Reflex-Zuckung hervorzurufen. Die Untersuchung wurde daher mit einem Rumkorff'schen Inductorium ausgeführt; hierbei zeigte sich zuerst, dass bei übrigens derselben Anordnung der Oeffnungs-Inductionsschlag, der wie bekannt grössere Intensität, obschon kürzere Dauer hat, früher als der Schliessungs-Inductionsschlag Reflex-Zuckung hervorruft. Die Untersuchung wurde daher so angeordnet, dass nur der Oeffnungs-Inductionsschlag auf den sensiblen Nervenstamm einwirkte. Auch bei dieser Anordnung des Experimentes zeigte sich ganz dasselbe Resultat, als bei der vorigen Untersuchung.

Ich gehe über zur Frage nach der Erklärung dieser Erscheinung. Zunächst findet man, dass sie sich nicht erklären lässt durch die Annahme, welche man noch immer in Betreff der Bewegung zu machen pflegt, in der die Thätigkeit des Nerven besteht, dass nämlich diese Bewegung mit dem zurückgelegten Wege an Intensität wachse. Denn bei dieser Annahme müsste derselbe Reiz grössere Zuckung hervorrufen, wenn

er am abgeschnittenen Ende des Nerven, als wenn er näher dem Rückenmark einwirkt; mit anderen Worten, wäre diese Annahme richtig, so würden die Resultate unseres Versuches gerade die entgegengesetzten gewesen sein. Deshalb sah ich mich in der genannten Abhandlung veranlasst, die Theorie vom lawinenartigen Anschwellen der Erregung aufzugeben und statt dessen die Erklärung darin zu suchen, dass die Erregbarkeit an verschiedenen Stellen des sensiblen Nerven verschieden ist.

Es könnte aber vielleicht Jemand die Erklärung der fraglichen Erscheinung darin suchen wollen, dass der Reiz näher dem Rückenmarkscanale auf mehr sensible Nervenfasern einwirkt, und damit auch auf mehr Reflexapparate im Rückenmarke, und dass so eine hinreichende Summe von Wirkungen zu Stande kommt, um den Gastroknemius zu erregen. Dieser Erklärung widersprechen jedoch einige Untersuchungen von A. Fick über Reflex-Zuckungen. Fick[1]) hat nämlich gefunden, dass bei Reflexreizung mit einem einzigen Inductionsschlage die Zuckung (in den meisten Fällen) in ganz bestimmten Muskeln auftritt; mit anderen Worten, dass hierbei der Nerventhätigkeit nicht von einem Reflexapparate auf einen anderen übergeht. Wird dieses Resultat von Fick festgehalten, so können die hier beschriebenen Reizungs-Erscheinungen mit einzelnen Inductionsschlägen nicht durch ein Ueberspringen der Reizungen im Innern des Rückenmarks erklärt werden.

Dass die obengenannte Erklärung die richtige sei, scheinen mir noch andere Beobachtungen zu beweisen, auf welche ich erst aufmerksam wurde, nachdem die genannte Abhandlung ausgegeben war. Hierher gehört eine Erscheinung, die W. Wundt[2]) in seiner Arbeit „Physiologische Psychologie" erwähnt, dass nämlich die specifische Erregbarkeit in den Wurzeln der Nervenstämme, nach ihrem Eintritt in das Rückenmark, kleiner ist als in den peripherischen Stämmen; ferner eine Beobachtung von Rollet[3]), dass in derselben hinteren Froschextremi-

1) Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie. Bd. III. S. 328.

2) W. Wundt, a. a. O. Erste Hälfte. Leipzig 1873. S. 117.

3) Jahresbericht über die Leistungen und Fortschritte in der gesammten Medicin. Bd. IX. S. 275.

tät die Nervenstämme, welche sich zu den Flexoren begeben, eine grössere specifische Erregbarkeit haben als die, die sich in den Extensoren verzweigen. Und wenn man die Erregbarkeit nicht nur in den Nervenfasern, sondern auch in den verschiedenen Theilen des Nervensystems berücksichtigt, so hat die Erfahrung gelehrt, dass die peripherischen Endapparate der sensiblen Nerven eine viel grössere Erregbarkeit als die sensiblen Nervenstämme haben, und dagegen die Centralapparate überhaupt eine kleinere. Alles dies zeigt uns, dass die minimale Erregung in verschiedenen Theilen des Nervensystems verschiedenen Werth hat; oder mit anderen Worten, dass die specifische Erregbarkeit verschieden ist in verschiedenen Theilen des Nervensystems, sowohl in den centralen als in den peripherischen Theilen.

Hiermit können auch die bekannten, von Pflüger entdeckten Erscheinungen, die unter analogen Verhältnissen im motorischen Nerven sich zeigen, erklärt werden; und beide, die Pflüger'schen und die hier beschriebenen Erscheinungen zeigen zusammen, dass die specifische Erregbarkeit sowohl in motorischen wie in sensiblen Nerven (im Allgemeinen) vom Centralapparat gegen die Peripherie vermindert wird.

Die Voraussetzung, die man noch immer zu machen pflegte, um die Pflüger'schen Erscheinungen in den motorischen Nerven zu erklären — dass nämlich die Nervenbewegung nicht wie das Licht und der Schall mit dem zurückgelegten Wege an Intensität abnehme, sondern vielmehr anschwillt, diese Voraussetzung muss daher nach meiner Meinung aufgegeben werden, und damit auch die bekannte Hemmungstheorie des Processes in den Nervenfasern.

Anmerkung.

[Hr. Pflüger hat bekanntlich nach einer der obigen ganz gleichen Methode, nur dass er den Frosch mit Strychnin vergiftete, Versuche über das „Gesetz der elektrischen Empfindungen" angestellt (Allgemeine Medicinische Central-Zeitung. 27. Aug. 1859. Jahrgang XXVIII. 69. St. Sp. 545.) Dabei musste er nothwendig auf den jetzt

von Hrn. Hällstén erörterten Punkt stossen. In seiner Habilitationsschrift „Disquisitiones de sensu electrico. Bonnae MDCCCLX. 4)“ spricht sich Hr. Pflüger p. 14 folgendermaassen darüber aus: „In summa disquisitionibus meis, quas enarravi, electrodam superiorem fortiorem efficacitatem exercuisse, probatum mihi videbatur, cum minimus rivus descendens facile solum apertione, ascendens fere semper solum clusione contractiones reflexorias produceret. Quae quum ita se habeant, in disquisitionibus meis incitabilitatem in nervo ischiadico superiore majorem fuisse quam in inferiore mihi videtur.“ Hr. Pflüger hat also, wenn auch nicht so unmittelbar, dasselbe Versuchsergebniss erhalten, wie Hr. Hällstén, er sucht es aber durch die veränderten Kreislaufsbedingungen und den Mechanismus der Vergiftung zu erklären, ohne den Widerspruch hervorzuheben, in den es mit seiner Lehre vom lawinenartigen Anschwellen des Reizes geräth.

E. d. B.-R.]

Mechanische Principien der Homöothermie bei höheren Thieren und das Newton'sche Gesetz bei der Wärmeabgabe derselben.

Studien über thierische Wärme.

(Dritte Abhandlung.)

Von

Dr. Albert Adamkiewicz,

Privatdocenten an der Universität Königsberg.

Hierzu Taf. VII.

A. Die Wärmeprocesse und der Process des Lebens im Reich der Organismen.

Nicht sprungweise, sondern in stetiger Fortentwickelung haben sich die Arten der Organismen aus ihren einfachen Urformen hervorgebildet. Jede von ihnen steht gegenwärtig auf der Höhe einer Entwickelung, deren Ursprung in längst verflossenen Jahrhunderten liegen mag. Aber so wie sie sich uns heute darbieten, stellen sie nicht wohl isolirte Gruppen dar, jede scharf geschieden von der andern. Eine Kette bilden sie vielmehr von aufsteigenden Gliedern, zwischen denen sondernde Grenzen fehlen. Entstammen sie alle derselben Urform, wie es die Darwin'sche Transmutationslehre fordert, dann kann man sie als Entwicklungsphasen dieser Urform betrachten, die sich so zu sagen nur um das Entwickelungsdifferential von einander unterscheiden. In ihrer Gesammtheit stellen sie deshalb das Integral ihrer gegenseitigen Entwickelungsdifferenz dar, — also ein Continuum ohne Lücke und Sprung.

In der That, wer wüsste heute zwische Pflanze und Thier, zwischen Thier und Menschen die sicheren Grenzen zu ziehn?

Ein Kriterium giebt es, welches diese Stellung der lebenden Geschöpfe unter einander wohl charakterisirt. Der Wärmeprocess ist es, da er innerhalb der Organismen Schritt hält mit deren Entwickelung.

Je höher die Entwickelung eines Wesens ist, desto vollendeter stellt sich die Gesammtsumme seiner Organleistungen dar, die wir dessen Leben nennen. Das Leben aber ist nur eine Form von Bewegung. Es ist diejenige Bewegung, welche aus dem Verlust von Spannkräften hervorgeht, die der Lebensprocess im Entstehen vernichtet. Die Spannkräfte, welche im Vergehen das Leben wecken, sind aber chemischer Natur. Und weil der Untergang chemischer Spannungen als lebendige Kraft die Bewegungsform „Wärme" und nur innerhalb der Organismen gleichzeitig die Bewegungsform „Leben" erzeugt, so muss der Wärmeprocess in der Entwickelungsreihe der Geschöpfe dasselbe Gesetz befolgen, wie ihr Leben, — er muss an Grösse und Entfaltung in der Klasse der Organismen wachsen wie dieses.

Nichts liegt in der That mehr auf der Hand, als dass der Wärmeprocess in der aufsteigenden Reihe der Wesen einer Curve folgt, welche dem Entwickelungsintegral des organischen Reiches parallel läuft.

Zunächst der Abscisse steht diese Curve im Reich der Pflanzen, am weitesten von ihr entfernt in der Klasse der höchsten und vollendetsten Thiere.

Kaum sind in der Pflanze eigene Wärmeherde nachzuweisen.[1]) Den Sonnenstrahlen muss sie die Kraft entnehmen, die den Apparat ihrer Zellen in Bewegung setzt und das Rohmaterial ihrer Säfte in Lebensstoffe verwandelt.

Je mehr sich das Thier von der Pflanze differencirt, desto mehr gewinnt es an Fähigkeit, selbständig Wärme zu bilden. Schon die Bienen heizen durch selbstgeschaffene Wärme ihre

---

1) Grosse Mengen aufgehäuften keimenden Samens vermögen allerdings nicht unbeträchtliche Wärmemengen zu produciren. Auch sollen sich nach de Saussure die Aroideen durch relativ bedeutende Wärmebildung auszeichnen. — Im Uebrigen sind die Forscher über Wärmebildung in den Pflanzen uneins. Vergl. Tiedemann: Physiologie des Menschen. Darmstadt 1830. Bd. I. S. 447. — Fontana (Efemeride chemico-mediche. 1805. p. 236) stellt letztere ganz in Abrede.

Wohnhäuser und schützen sich so vor der Winterkälte der Umgebung.[1]) Aber erst in der Klasse der Amphibien und Fische treten eigentliche Körpertemperaturen auf. Man hat den Aberglauben längst widerlegt, der Kaltblüter sei temperaturlos und unterscheide sich in seiner Körperwärme nicht von seiner Umgebung.[2]) In den höchsten Repräsentanten des Thierreiches erreicht die Körperwärme den höchsten Grad ihrer Entfaltung. Man scheint diesen Grad der Temperaturen als einziges Maass der Wärmebildung im Thierkörper anzusehen, wenn man die Thiere, welche ihn besitzen, gegenüber allen andern, die „Warmblüter" nennt. Natürlich geschieht das mit Unrecht. Denn es ist falsch, eine Eigenthümlichkeit zum unterscheidenden Merkmal einer Klasse zu machen, wenn diese Eigenthümlichkeit auf Gradationen einer allen Thierklassen zukommenden Fähigkeit beruht. Nicht die Intensität, sondern die Differenz einer Erscheinung bedingt eine fundamentale Verschiedenheit. Die sogenannte „Kalt- und Warmblütigkeit" der Thiere ist nur ein Ausdruck der verschiedenen Energie der Wärmebildung;[3]) und das Maass der Wärmebildung ist nur ein Maass der Lebensprocesse im Reich der lebenden Wesen.

Daher spielt sich der Process des Lebens in den Thieren, welche der Pflanze nahe stehen, träge und langsam ab. Einem schwälenden Funken vergleichbar, der bescheiden am Zunder glimmt. Das Leben der höchsten Thiere flammt dagegen wie ein viel verzehrendes, stolz loderndes Licht. Aber jener glimmende Funke haftet der Materie hartnäckig an und trotzt den Gewalten, die ihn bekämpfen. Die Flamme neigt sich und flackert, wenn es in der Umgebung unruhig wird und verlischt, wenn es um sie stürmt. Das Leben des Kaltblüters ist des-

---

1) Berthold: Neue Versuche über die Temperatur der kaltblütigen Thiere. Göttingen 1835. S. 36. — Martin: Medical and philos. Essays. p. 331. — Huber: Mém. sur les abeilles. Tom. I. p. 305. — U. A.

2) Tiedemann: Physiologie des Menschen. Darmstadt 1830. Bd. I. S. 467 ff.

3) Deshalb wären für sie die Bezeichnungen Oligothermie und Polythermie viel entsprechender.

halb auch so wunderbar fest an seinen Körperbestandtheilen gebunden und widersteht so auffallend lange selbst dem Mangel des freien Sauerstoffs, der doch den Funken belebt.[1]) An der Hülle der Warmblüter schwebt die Flamme nur locker und verzehrt sich schnell, wenn der Zufluss stockt.

Die Wärme, die im Entstehen des Lebens frei wird, die also ein Product des Lebens ist, wird wieder zur Lebensquelle. Das ist die wunderbarste Macht des Organismus, dass sie durch die Resultate ihres Wirkens ihre eigene Schöpferkraft wieder belebt. Ist doch die Wärme der mächtigste Motor, der den Uebergang todter Spannungen in lebendige Bewegung vermittelt.

Das Maass von Wärme, das in den verschiedenen Thierklassen entsteht, ist also auch das Maass von Kraft, welches in ihnen neue Lebensprocesse weckt. Niedrige Thiere bedürfen dieser Kraft nur wenig, den niedrigen Vegetationen entsprechend, die bei ihnen die Summe des Lebens ist. In demselben Verhältniss aber, als die Intensität der Lebensprocesse sich in der Thierklasse steigert, nimmt das Bedürfniss nach Wärme in ihnen stetig zu. Dem Lebensprocess der höchsten Thiere genügen erst die grössten Wärmemengen. Diese Thiere müssen daher auch die höchsten Körpertemperaturen besitzen.

Aber das Gleichmaass des Lebens bei ihnen fordert es, dass diese Temperaturen in ihrer Höhe den Organismen constant erhalten bleiben. Dazu ist es nöthig, dass die in ihnen gebildete Wärme ihnen einerseits nicht wieder verloren geht und andererseits sich nicht in einer Weise aufspeichere, dass die retinirte Kraft übermächtig wird und die Spannungen sprenge, die sie nur lösen soll.

B. Die Erhaltung der Wärme.

Diese Forderungen können nur erfüllt werden, wenn der Körper nicht mehr Wärme verliert, als er bildet und nicht

---

1) Pflüger: Ueber die physiologische Verbrennung in den lebenden Organismen. — Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. X. S. 321 ff.

mehr hervorbringt, als er der Umgebung gibt. Im ersten Fall würden sich sonst die Temperaturquellen des Körpers schnell erschöpfen und im zweiten würden sie den Organismus leicht überfluthen und rasch verzehren.

Das Geheimniss der organischen Einrichtungen, welche die beiden Factoren der Temperaturconstanz, Wärmebildung und Wärmeverlust, stets in das erforderlich gleiche Verhältniss zu einander setzen, hat von jeher den Forschertrieb der Gelehrten lebhaft angeregt. Man hat es bald erkannt, dass die primären Gefahren für die Temperaturconstanz nicht in Aenderungen der Wärmebildung, sondern in denen des Wärmeverlustes liegen. Aber man hat sich die Lösung der vorliegenden Räthsel sehr leicht zu machen gewusst, indem man dem Organismus nahe liegende compensatorirche Fähigkeiten der Wärmebildung zuschrieb, durch welche alle Variationen des Wärmeverlustes gedeckt und deren Gefahren ohne Schwierigkeiten beseitigt werden sollten.

Als Haller im Gegensatz zu den Ausführungen seines Lehrers Boerhaave für möglich erklärt hatte, dass mit Lungen athmende Thiere eine Temperatur der Umgebung vertrügen, die derjenigen ihres Körpers gleichkäme; und als in einer Reihe kühner und an Selbstverleugnung reicher Versuche von den Englischen Forschern[1]) Fordyce, Blagden, Dobson an der eigenen Person der Nachweis geführt worden war, dass ein mehrere Minuten dauernder Aufenthalt in einer Umgebung von 60, 100, ja 127° Cels. den Fortgang der Lebensfunctionen nicht störe: da sah sich der Physiker Adair Crawfort[2])

1) Philosophical Transactions. Vol. 65. 1775. 463. 484.

2) Versuche und Beobachtungen über die Wärme der Thiere und die Entzündung verbrennlicher Körper. — Uebers. von Crell. Lpzg. 1789. S. 295. — In ganz anderem Sinne spricht Tiedemann (Physiologie des Menschen. Bd. I. S. 461.) noch von der Kältebildung bei Thieren in hochtemperirter Umgebung. — „Den Thieren kommt die Eigenschaft zu, in einem Medium, das ihre Wärme übersteigt, Kälte zu erzeugen, und dies ist in der eintretenden stärkeren Verdunstung ihrer Säftemasse begründet, welche ein Lebensact ist, und wodurch die ihnen von aussen zugegangene Wärme in gebundenem Zustande ausgestossen wird."

veranlasst, anzunehmen, dass der thierische Körper auch die Fähigkeit besitzen müsse, Kälte zu bilden, um jedem Uebermaass von Wärme zu steuern.

Currie[1]) war der Erste, der aus seinen Beobachtungen auch das entgegengesetzte Reactionsvermögen, das der Wärmebildung, als unmittelbare Folge des Wärmeverlustes bei höheren Thieren ableitete.

In neuester Zeit haben die unermüdlichen Arbeiten Liebermeister's[2]) ein schwer wiegendes Material geschaffen, das die Anschauungen Currie's wissenschaftlich zu begründen und zu stützen sucht. Jede Kälteeinwirkung auf die Körperperipherie wird von ihm als die Ursache eines Innervationsvorganges angesehen, der ein moderirendes und excitocalorisches System nervöser Centren in Erregung versetzt und von hier aus auf der Bahn centrifugaler Nerven, also in Form eines einfachen Reflexes, die Wärmebildung direct und ohne Hilfe von Organleistung anregen soll. Das ist ein echt vitaler, aus den Eigenschaften der Materie nicht verständlicher Vorgang, auf den die ihrer Herrschaft doch bereits entsetzte Lebenskraft noch einigen Einfluss zu haben scheint. Auch kann er jener hypothetischen centralen Nervenmächte nicht entbehren, auf denen die Erscheinungen von jeher doch nur wie auf erborgtem Fundamente ruhten. Definitionen, die sich ihrer bedienen, sind kaum mehr als Umschreibungen von an sich schwer begreiflichen Processen. Denn eine Erklärung der Lebenserscheinungen giebt nur diejenige Zergliederung derselben, welche die organischen Complicationen entwirrt und in ihren Elementen die mechanischen Grundsätze der Molecularbewegung nachweist. Wenn Emil du Bois-Reymond[1]) von den geistigen Erscheinungen, den höchsten

---

1) Ueber die Wirkungen des kalten und warmen Wassers als eines Heilmittels im Fieber und in andern Krankheiten. Uebers. v. Michaelis. Lpzg. 1801. S. 331.

2) Volkmann's Sammlung klinischer Vorträge. Heft 19. — Liebermeister, Handbuch der Pathologie und Therapie des Fiebers. Lpzg. 1875. — U. A.

3) La Mettrie, Rede, gehalten in der Akademie der Wissenschaften zu Berlin, am 28. Januar 1875. S. 24.

und complicirtesten, welche die Natur überhaupt geschaffen hat, fordert, dass der Naturforscher bei ihrer Zerlegung ebenso verfahre, wie gegenüber jeder anderen neu hervortretenden Thätigkeitsäusserung der Materie, beispielsweise der Elektricität; — so darf man nicht daran zweifeln, dass für die Ergründung nicht psychischer, also weniger verwickelter vitaler Erscheinungen jenes Gebot geradezu Gesetz wird.

Bevor man deshalb die an sich schon räthselhaften vitalen Potenzen zur Erklärung organischer Erscheinungen heranzieht, muss der Versuch erschöpft sein, eine Erklärung für sie aus den mechanischen Gesetzen zu geben, die die Aeusserungen der lebenden organischen Materie abzuleiten gestattet.

Für die wissenschaftliche Begründung der Temperaturconstanz der höheren Thiere ist dieser Versuch[1]) nicht ohne Erfolg geblieben. Er hat beide Factoren, die auf die Temperaturconstanz hinwirken, die Wärmebildung wie die Wärmeabgabe, variabel gefunden und nur unter günstigen Bedingungen constant ihre gemeinschaftliche Summe, die Temperatur des Körpers.

I. Wärmeproduction.

Zunächst hat sich mit Hülfe des Experimentes exact der Nachweis führen lassen, dass die viel bewunderte Fähigkeit, die Körperwärme beständig auf derselben Höhe zu erhalten, auch dem Warmblüter fehlt, wenn die Function derjenigen Apparate aus der Gesammtheit seiner Organleistungen ausgeschaltet werden, welche der Ausführung seiner Willensimpulse dienen — der Muskeln. Der Verlust der Muskelfunction, Verlust also der Bewegungsfreiheit setzt auch das höchste Thier in Abhängigkeit von dem einfachen physikalischen, nach Dulong und Petit benannten Gesetz, welches die Temperatur eines Körpers als die Function seiner Grösse und der Temperaturdifferenz zwischen ihm und Umgebung ausdrückt. Ein Thier mit ruhender oder gelähmter Muskulatur erleidet auch

---

1) A. Adamkiewicz: Die Analogien zum Dulong-Petit'schen Gesetz bei Thieren. — Dies Archiv 1875. S. 78.

bei derjenigen mittleren Temperatur seiner Umgebung, bei welcher es unter normalen Verhältnissen seine Temperatur constant zu erhalten im Stande ist, einen continuirlichen Abfall seiner Körperwärme in Form einer bestimmten Curve, deren niedrigste Grenze in directem Verhältniss steht zur Temperatur der Umgebung und in umgekehrtem zur Körpergrösse des Thieres.

Daraus geht klar hervor, dass die Temperaturbeständigkeit der höheren Thiere unter Anderem zunächst ein Factor derjenigen Lebensprocesse sein müsse, welche innerhalb der thätigen Muskelsubstanz sich abspielen. Und wenn es wahr ist, dass die Sommerwärme zu einer natürlichen Beschränkung und die Kälte des Winters zu einer natürlichen Steigerung der Muskelarbeit anregt; dann wird man anerkennen müssen, dass schon in diesen einfachen instinctiven Erscheinungen der Wesen eine Thatsache gegeben sei, die dem ausgesprochenen allgemeinen Princip gerecht wird. Und dieses Princip ist leicht begreiflich, wenn man erwägt, dass Wärmebildung eine längst bekannte physiogische Function der Muskulatur ist; dass die Muskeln als die thätigsten Wärmeherde im thierischen Körper anerkannt sind, und dass der Grad der Wärmebildung in ihnen von der Höhe ihrer physiologischen Leistung abhängt, die in der Contraction d. h. in Bewegung des Gesammtkörpers ihren Ausdruck findet.

Die Natur befolgt im Grossen dasselbe Princip, indem sie den Anforderungen der Temperaturconstanz in einer Klasse von Thieren genügt, die von dem kleinsten Vogel in der Luft bis hinauf zu dem mächtigsten Bewohner des Meeres an dieselbe so zu sagen alle Variationen möglicher Ansprüche stellen. Denn alle diese Thiere leben in Medien, welche kälter sind als sie selbst und müssen daher an ihre Umgebung Wärme abgeben. Der Wärmeverlust eines Körpers aber hängt unter Anderem von der Grösse seiner Oberfläche ab, und die Oberfläche nimmt zu im Verhältniss zum Inhalt, wenn sich dieser verkleinert. Ebenso zahllos in der Grösse, ebenso mannichfaltig in der Wirkung müssen daher die Compensationen innerhalb dieser Homöothermen sein, als es Formen und Grössen der Körper giebt, die diese Thierklasse umfasst. Und dass diese Anforderungen

zum Theil durch unendlichen Wechsel in dem Grad der Muskelarbeit erfüllt werden, lehrt jeder Blick in die Natur. Vom kleinsten Thier mit der grössten Oberfläche bis zum grössten Thier mit der kleinsten Oberfläche sieht man die natürliche Lebhaftigkeit der Bewegungen unverkennbar sinken.

Wenn die Thätigkeit der Muskulatur für die Wärmeprocesse des Thieres von so hohem Einfluss ist, wie die Erfahrung lehrt, so muss diese Bedeutung der Muskulatur noch in anderer Weise als durch die directe Beobachtung sicher gestellt werden können.

Wärme und Leben sind die beiden correlaten Functionen der lebenden Materie. Wie von der Entwickelung des Lebens die Menge von Wärme abhängt, die im Organismus entsteht, so kann man die Intensität der Lebensvorgänge abhängig machen von der Menge von Wärme, die man dem Organismus zuführt. In der Kälte nimmt der Lebensprocess ab, — die Molekel der lebenden Materie schwingen träger und träger; endlich bleiben sie stehen und unterbrechen das Leben. Wärme steigert den Lebensprocess und erhöht die Organleistungen, wie es die Zunahme der Secretionen und vor Allem der Thätigkeit der Respirationscentren bei hoher Temperatur beweisen — bis die Molekel im Uebermaass der Bewegung die lebende Substanz tödten, indem sie sie sprengen. Dort erstarrt, hier zerfällt die Materie im wahren Sinne des Wortes.

Nun ist das Leben der Materie nichts weiter als eine Zersetzung, und auch die Zersetzung ist, wie man weiss, ein Product der Wärme. Jede organische Substanz hat das Schickral, sich unaufhaltsam zu zersetzen; — nicht nur die todte, indem sie fault, sondern auch die lebende, indem sie reagirt. Wenn sich der Muskel zusammenzieht, bildet er Milch- und Kohlensäure, und Milch- und Kohlensäure sind die Producte einer Zersetzung in der Substanz des Muskels, die die Contraction veranlasst hat. Die Zersetzbarkeit ist die Ursache der Reizbarkeit, sagt Pflüger.

Ist das Leben eine Zersetzung, so müssen die Zersetzungsproducte einen Maassstab für die Höhe des Lebens abgeben. Und aus den Aenderungen, die diese Producte unter gewissen

Einflüssen erleiden, müssen sich sichere Schlüsse auf die Macht dieser Einflüsse folgern lassen, die sie auf den ganzen Lebensprocess besitzen.

Unter den Zersetzungsproducten des lebenden Körpers ist die Kohlensäure quantitativ die hervorragendste. Die Menge von Kohlensäure, die der Organismus unter verschiedenen Verhältnissen bildet, kann demnach als ein Maass für die Variationen der Lebensintensität angesehen werden, wie sie durch diese Verhältnisse bedingt werden.

Moleschott[1]) hat längst am Frosch den Nachweis geführt, dass innerhalb gewisser Grenzen die Kohlensäurebildung der Temperatur der Organe proportional wächst, und in der neuesten Zeit haben Sanders-Ezn[2]) und Erler[3]) dasselbe auch für den „Warmblüter" feststellen können.

Beherrscht nun die Muskulatur die Wärmeprocesse im Thier, so muss die Störung oder Unterbrechung ihrer Function auch das Leben beeinträchtigen und der Grad dieser Beeinträchtigung muss durch die Abnahme der Kohlensäurebildung gemessen werden können, die jener Störung oder Unterbrechung folgt.

Hr. Dr. Erler hat die Untersuchung dieser Frage auf meine Veranlassung unternommen. Es hat sich als Resultat derselben ergeben, dass, wie die Temperatur eines Thieres nach dem Verlust seiner Bewegungsfreiheit continuirlich sinkt, in nahezu ähnlicher Curve auch die Menge der Kohlensäure abnimmt, die das Thier aus den Lungen ausscheidet.

Es betrug im Mittel die während zehn Minuten von den Lungen eines Kaninchens abgegebene Kohlensäuremenge in ein und derselben Umgebung von durchschnittlich 15·7° Cels.

---

1) Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere. Bd. II. 1857. S. 315.

2) Berichte der Kgl. Sächs. Akad. der Wissenschaften. Mathem.-phys. Klasse. 1867. S. 58.

3) Ueber das Verhältniss der Kohlensäure-Abgaben zum Wechsel der Körperwärme. Inaugural-Dissertation. Königsberg 1875.

	Gr.					
Bei einem Körpergewicht des Thieres von	1020·0	1020·0	1112·0	1112·0	1372·0	1372·0
Im freien Zustand	0·050	0·074	0·045	0·050	0·045	0·095
Im gefesselten Zustand .	0·042	0·059	0·029	0·031	0·022	0·049
Auf 100·0 Gr. der Körpersubstanz berechnet:						
Im freien Zustand	0·0049	0·0072	0·0040	0·0045	0·0032	0·0069
Im gefesselten Zustand .	0·0041	0·0057	0·0026	0·0027	0·0016	0·0035
Das Verhältniss beider. .	1 : 0·8	1 : 0·8	1 : 0·7	1 : 0·6	1 : 0·5	1 : 0·5

Ist also die normale Kohlensäurebildung von 100 Gr. Körpersubstanz eines Kaninchens gleich 1, so ist sie, wenn die Muskeln des Thieres ruhen, durchschnittlich nur noch 0·65.

Weit grösser zeigt sich die Depression des Lebensprocesses, wenn nach der Lähmung der Muskulatur die Körperwärme rapide und continuirlich bis zur tödtlichen Grenze sinkt.

Mittelwerthe der während zehn Minuten aus den Lungen von Kaninchen abgegebenen Kohlensäuremengen in ein und derselben Umgebung:

	Gr.		
Körpergewicht:	706·0	786.0	1306·0
Im normalen Zustand	0·046	0·074	0·091
Nach der Trennung des Rückenmarkes	0·008	0·0173	0·016
Auf 100·0 Gr. der Thiere berechnet:			
Im normalen Zustand	0·0065	0·0094	0·0070
Nach der Lähmung	0·0011	0·0022	0·0012
Verhältniss	1 : 0·2	1 : 0·2	1 : 0·2

Vollkommene Lähmung der Muskulatur setzt demnach die Kohlensäurebildung, also die Energie der Lebensprocesse, mehr als dreimal so schnell herab, als die einfache Ruhe der Muskeln.

Vergleicht man die Grösse des durch die Störung der Muskelthätigkeit veranlassten Temperaturabfalls der Versuchsthiere mit derjenigen der durch dieselbe Störung herbeigeführten Abnahme ihrer Kohlensäureproduction, so findet man das auffallende Resultat, dass während der einfachen Muskelruhe die Temperatur der Thiere nur im Mittel um 2° C.,[1]) die Kohlensäurebildung dagegen fast um die Hälfte der normalen sinkt, und dass während der Muskellähmung die Temperatur noch um das Doppelte,[1]) die Menge der Kohlensäure aber um das Dreifache des während der Ruhe stattfindenden Abfalls kleiner wird. Die hohe Progression, in welcher die Kohlensäurebildung im Verhältniss zur Temperatur sich vermindert, muss einigermaassen auffallen. Sie findet indessen ungezwungen ihre Erklärung darin, dass für das Sinken der Kohlensäure unter den angeführten Verhältnissen gleichzeitig zwei Ursachen thätig sind, für das der Körpertemperatur aber nur eine. Wenn die Muskeln in ihrer Function gestört werden, nehmen die Oxydationsprozesse in ihrer Substanz ab[2]) und mit ihnen natürlich auch deren Producte, Kohlensäure und Wärme. Diese Abnahme wird die zweite Ursache für eine Verminderung der Kohlensäurebildung. Denn sie setzt die Körpertemperatur und damit zugleich die Dissociationen im Organismus herab, deren Product wiederum die Kohlensäure, aber nicht mehr die Wärme ist. Denn bei der Dissociation wird nicht Wärme frei, sondern Wärme latent.

II. Wärmeretention.

Wie sehr auch die Wärmegrössen wechseln mögen, welche

---

1) Die Analogien zum Dulong-Petit'schen Gesetz, a. a. O., S. 117.

2) Sadler: Ueber den Blutstrom in den ruhenden, verkürzten und ermüdeten Muskeln des lebenden Thieres. Berichte der Kgl. Sächs. Gesellsch. der Wissenschaften zu Leipzig. Math.-phys. Classe. Bd. XXI. 1869. S. 189.

der aus allen Zellen des Thierlebens gleichsam hervorrieselnde Wärmestrom bei den einzelnen in ihren Dimensionen so sehr verschiedenen Individuen an die Umgebung abführen mag; — die Wärmequellen, welche die Thätigkeit der Muskulatur nach Bedürfniss belebt, erweisen sich als wichtige Compensatoren, welche ihm im ganzen Reich der höheren Thiere ein fast unabänderlich gleiches Niveau ertheilt. Denn alle diese Thiere haben eine Körpertemperatur, die nur innerhalb enger Grenzen, kaum dreier Grade, um die mittlere Temperaturhöhe von 37° Cels. schwankt.

Durch den Reichthum dieser Zuflüsse und das Quantum von Wärme, das sie repräsentiren, wird jedoch der absolute Höhestand jenes Stromes nicht allein bestimmt.

Es beherrscht ihn vor Allem der Umstand, dass die Wärme, indem sie aus den innersten Räumen des Körpers durch die einzelnen Schichten desselben zur Umgebung abfliesst, kurz vor ihrer Mündung in das Gebiet der Muskulatur eintritt, deren mächtige, an Masse fast die Hälfte des gesammten Körpers betragende Lage, jene innersten Räume von der peripherischen Bedeutung des Körpers wie eine isolirende Schicht trennt.

In dieser Schicht halten die selbständigen und hohen, durch den Reichthum der hier vorhandenen Wärmequellen erzeugten Temperaturen den Strom gleich einer Schleuse auf, die ihn am Abfliessen verhindert.

Daher kommt es, dass die Temperaturen des Thierkörpers vom Mittelpunkt bis zur Peripherie nicht in einer stetig sinkenden Curve abfallen, wie die Temperaturen einer homogenen Kugel, die die Wärme eines central gelegenen Herdes durch Vorgänge einfacher Leitung der kälteren Umgebung mittheilt. Sondern dort, wo die Muskulatur einem Gehäuse gleich den Lebensapparat umschliesst und ihn von der äussersten Bedeckung trennt, hört die Continuität des Temperaturabfalls auf und geht in ein jähes Sinken der Temperaturen über, das durch die äusserste Zone, die Haut, mit grosser Abschüssigkeit zur Peripherie statt hat.

Nun wird die Herrschaft leicht verständlich, welche die Muskulatur über die Temperaturen des inneren Körpers ausübt.

Erweisen sich doch ihre physiologischen Leistungen, indem sie die Wärmequellen im Muskel beleben und dadurch die Temperaturen des Muskels modificiren, als regulirende Mächte, die gleichsam den Stand der Schleuse und damit das Niveau der von ihr aufgehaltenen Wärmefluten bestimmen.

Durch eine solche Einrichtung wird gleichzeitig eine sinnreiche Ersparniss physiologischer Arbeit erzielt. Da die peripherischen Wärmeherde die Temperaturen des inneren Körpers beherrschen[1]) und da diese sich jenen nach physikalischen Regeln accommodiren, so hat der Organismus in gegebenen Fällen immer nur nöthig, die Temperaturen der Muskulatur zu modificiren, um mit ihnen auch die des ganzen Körpers mittelbar zu verändern. Da die Muskulatur 45 pCt. des gesammten Körpers beträgt und nur sie erwärmt oder abgekühlt zu werden braucht, damit der ganze übrige Körper dieselben Aenderungen seiner Temperatur erfahre, so erreicht der Organismus vermöge jener Einrichtungen mit 45 pCt. derjenigen Wärmequantitäten, welche ohne dieselben nöthig gewesen wären, die erforderlichen Effecte.

Indem nun aber die Muskulatur die im Innern des Körpers entstehende Wärme am freien Abfliessen verhindert und indem sie sie zwingt, sich zu sammeln, bis sie zur Höhe ihrer eigenen Temperaturgrenze emporgestiegen ist; — bringt sie das Niveau des Stromes an allen Punkten seines Verlaufes dem seiner central gelegenen Quellen bis auf wenige Zehntelgrade C.[2]) nahe. Dadurch wird die Spannungsdifferenz der Wärme im Verlauf des Körperradius sehr klein, und die Strömungsgeschwindigkeit derselben, die von jener Differenz abhängt, sehr gering. Das vor Allem ist der Grund, weshalb die Wärme innerhalb der Körpergewebe mit einer gewissen majestätischen Ruhe und Langsamkeit sich fortpflanzt und dadurch wiederum wird es bewirkt, dass der Wärmestrom das zarte Getriebe des Körpermechanismus ungefährdet im Gang erhält, während es jeder rauheren Gewalt unmittelbar unterläge.

---

1) Die Analogien zum Dulong-Petit'schen Gesetz, a. a. O., S. 118 ff.

2) Ebendas. S. 111.

Der mächtige Wärmestrom, der so belebend durch die Gewebe rinnt, würde aber in jedem Augenblick unvermeidlich solche Gewalten zertrümmernder Fluten entsenden, wo die Schwankungen ihn erreichten, welche die Temperatur der Umgebung fast ununterbrochen erleidet.

Aber sie erreichen sie unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht. An der Muskulatur erlahmt die Kraft ihrer Wellen, die sich nur durch die äussere Zone noch Bahn brechen. Die Muskulatur ist vor diesen Temperaturschwankungen ihres äusseren Nachbars durch ihr Unvermögen, Wärme zu leiten, geschützt. Die Schlechtigkeit ihres Leitungsvermögens ist so wunderbar gross, dass sie selbst die bekannte Unfähigkeit des Wassers, Wärme zu leiten, noch um mehr als das Doppelte übertrifft.[1]) Besässe das Eis das Wärmeleitungsvermögen des Muskels, dann würde sich die Eisbildung in unserer Zone bei jeder Temperatur der Umgebung um das Siebenfache des Zeitraumes verzögern, in welchem sie sich unter den gegenwärtigen Verhältnissen herstellt. Sie würde zwei und ein halbes Jahr eines ununterbrochenen Winters beanspruchen, um eine Mächtigkeit zu erlangen, zu der ihr jetzt der Zeitraum eines einzigen Winters genügt.[2])

III. Wärmeregulation.

Auf solchen Einrichtungen ruht die Homöothermie. Erst wo die Ungunst der Bedingungen jene erschüttert, muss auch sie zusammensinken.

Sind aber auch diese Einrichtungen nicht zu schwach, um als Stützen der Temperaturconstanz zu dienen, so sind sie doch zu gewaltig, um als strenge Regulatoren derselben zu gelten. Die absolute Gleichwärmigkeit der Thiere fordert eine absolute Gleichheit der in jedem Zeitraume gebildeten und abgegebenen Wärme. Die Wärmeabgabe ist von der Differenz der Temperaturen zwischen Körper und Umgebung abhängig und folgt also auch den kleinsten Aenderungen, welche die

---

1) A. Adamkiewicz: Die Wärmeleitung des Muskels. Dies Archiv, 1875. S. 255.

2) Ebendas. S. 257.

Umgebungstemperatur erfährt. Wäre die Anpassung der Wärmebildung an diese Aenderungen des Wärmeverlustes der regulirende Vorgang im Thierkörper, dann müsste man von den eben geschilderten Einrichtungen erwarten dürfen, dass auch sie als Regulatoren minutiösen Aenderungen ihrer Wirkung fähig wären.

Es liegt aber der Wirkung jeder grossen Kraft fern, das Maass subtiler Bewegungen einzuhalten und die Forderungen eines prompten Effectes zu erfüllen. Auch der Organismus kann nicht mit Hebel und Brechstangen operiren, wenn er den feinen Mechanismus seines zarten Uhrwerks einstellt.

Modificationen der Wärmebildung durch Ernährung und Muskelbewegung können daher dem Thier nur die Hülfsmittel der gröberen Einstellung seiner Temperatur sein. Wie sollte ein Wärmeherd als Regulator wirken, auf dem, wie es bei den Muskeln der Fall ist, zu allen Zeiten mehr als die Hälfte der Gesammtwärme des Organismus entsteht und der beispielsweise bei einem Menschen von 82 Kilogr. Körpergewicht stündlich 57000 Calorien bildet? Es sind andere Einrichtungen als Regulatoren der Wärme thätig, solche, die sich den Bedürfnissen entsprechend abzustufen vermögen.

Wenn ein Thier gezwungen ist, sich gegen den Wechsel der Temperaturen in der Umgebung zu vertheidigen, dann sucht es seine Oberfläche zu ändern. Es streckt sich aus oder es kauert sich zusammen, je nachdem es seine Wärmeabgabe zu vergrössern oder zu verringern den Trieb fühlt. Der Mensch kommt durch die Art der Kleidung denselben Zwecken zu Hülfe und macht die Natur des Stoffes, selbst dessen Farbe den strengeren Anforderungen der Regulation dienstbar.

Damit deuten die Wesen auf natürliche Einrichtungen hin, die durch Aenderungen der Wärmeabgabe regulirend wirken und die sie nur instinctiv unterstützen. Ist es doch eine charakteristische Eigenthümlichkeit gerade der Instincte, dass sie nicht bewussten Bedürfnissen des physischen Lebens, sondern unbewussten Zwecken der Körpermechanismen dienen.

1. Rolle des Kreislaufs.

Hier ist es der Kreislauf des Blutes, dessen Aufgaben zu lösen sie helfen. Seitdem wir wissen, dass die Oxydationsprocesse nicht im Blut, sondern innerhalb der Gewebe stattfinden, seitdem ferner Pflüger[1]) darauf hingewiesen hat, dass uns die Natur auch in dem Schauspiel der thierischen Phosphorescenz, die nichts weiter als ein sichtbarer Oxydationsprocess der Organismen sei, „ein Beispiel gegeben habe, zu zeigen, wo die Fackel brennt, die wir Leben nennen; — dass die Organe es seien, also die Zellen und nicht das Blut, welche leuchten“: seitdem ist es zur Thatsache geworden, dass von jenen Aufgaben ein bedeutender Theil der Wärmeregulirung gehört. Das Blut ist nur ein Vehikel, — für das Brennmaterial, das es den Geweben zuführt und für die Producte der Verbrennung, die es aus den Herden zurückholt. Ueberall im Körper ist das System der Capillaren der Ort der Uebertragung. Und weil die Wärme eins dieser Producte ist, die das Blut aus den Herden erhält, — so nimmt das Blut stets eine höhere Temperatur an, während es ein System von Capillaren durchsetzt.

So lange das Blut im Innern des Körpers strömt, findet es überall Orte, die ihm seine Temperaturbürde vergrössern. Noch während es aus den innersten Räumen in die Muskulatur tritt und in zahllosen Canälen dieselbe durchzieht, erfährt ihre Wärme einen starken Zuwachs, besonders dann, wenn Thätigkeit der Muskulatur hier die Wärmeherde lebhafter angefacht hat.

Gelangt das Blut durch die Muskulatur in die äusserste Zone, die Haut, so hat es den Hafen erreicht, in dem es sich seiner Bürde wieder entledigt. Schon in den oberflächlichsten Schichten der Muskulatur, bis wohin die Einflüsse der Oberflächenabkühlung reichen, beginnt die Temperatur der Gewebe unter das Niveau derjenigen des Blutes zu sinken.[2]) Was also

---

1) A. a. O. S. 296.

2) Koerner: Beiträge zur Temperaturtopographie des Säugethierkörpers. In.-Diss. Breslau 1871. S. 62.

an Wärme das Blut jenseit und innerhalb der Muskulatur aufgenommen hat, das giebt es diesseits derselben an das Gewebe der Peripherie zum Theil wieder ab. So beugt es dort den Gefahren der Wärmestauung in einem von Muskulatur eingeschlossenen Raume vor und hier den Gefahren zu grossen Wärmeverlustes, den die unmittelbare Nachbarschaft der kalten Umgebung verschulden könnte.

Von der Menge von Wärme, die auf diese Weise dem Körperinnern entzogen und der Körperperipherie zugeführt wird, hängt der Grad des Temperaturausgleiches zwischen beiden Theilen und der absolute Stand ihrer Temperaturen ab. Und da eben das Blut der Träger der Wärme ist, so ist es leicht begreiflich, dass die Lebhaftigkeit seines Verkehrs zwischen jenen sowohl den einen wie den andern dieser Factoren beherrschen müsse.

Daher steigt die Temperatur des Körperinnern und sinkt die Temperatur der Peripherie, wenn der Blutzufluss zur Peripherie herabgesetzt oder unterbrochen ist. So erklärt sich die Temperaturzunahme der inneren Organe nach Verschluss der Aorta und nach der Unterbrechung des ganzen Kreislaufs kurz nach dem Tode.[1]) Wenn der Blutzufluss zu den oberflächlichen Schichten lebhaft und stark wird, muss für die Temperaturen des Körpers der entgegengesetzte Erfolg eintreten. — Daher die Temperaturerhöhung in Gebieten der Haut, in denen die zugehörigen vasomotorischen Nerven durchschnitten sind oder zu denen aus andern Gründen Fluxionen des Blutes stattfinden.[2])

Was demnach den Kreislauf modificirt, muss auch verändernd einwirken auf die Wärmevertheilung des Körpers.

Auch auf diese Verhältnisse kann die Muskulatur nicht ohne Einfluss sein, da sie die Pforte darstellt, durch welche die Strombahnen treten, bevor sie zur Peripherie gelangen.

---

1) Heidenhain im Archiv f. die ges. Physiol. 1870. S. 522—526.

2) Claude Bernard: Comptes rendus. LV. p. 228.

Kussmaul und Tenner in Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen. 1857. S. 91 ff. u. s. w.

Bei jeder Contraction muss sie den Abfluss des Blutes zur Oberfläche verzögern. Weniger deshalb, weil sie bei jeder Zusammenziehung mechanisch die sie durchsetzenden Blutbahnen verengt, sondern vielmehr aus dem Grunde, weil es eine physiologische Eigenthümlichkeit der Contraction ist, dass sie den Blutzufluss zur Muskulatur steigert.[1] Wenn der Blutzufluss zu den Muskeln oder den inneren Organen grösser wird oder der Blutabfluss aus ihnen abnimmt, so muss die Blutcirculation in der Peripherie sinken und hier einen Abfall der Temperaturen bewirken, bis die durch die Contraction und die vermehrte Circulation in den Muskeln bewirkte Steigerung der Oxydationsprocesse innerhalb derselben auch die Temperaturabnahme der Nachbarschaft durch Wärmemittheilung wieder compensirt. Das ist der Grund, weshalb auch Hankel[2] thermoelectrisch feststellen konnte, dass in der Haut über krampfhaft contrahirten Muskeln eine Temperaturzunahme immer erst einem primären Abfall folgt.[3]

Innerhalb der Capillaren ist der grösste Theil des gesammten Blutes angehäuft, weil die Strombahn mit der Theilung der Gefässe wächst. Alle Momente, welche die Capacität des Capillarraumes verändern, müssen daher vor allen Dingen Blut- und Wärmevertheilung zu beeinflussen im Stande sein. Die Contractilität der kleinsten Gefässe ist aber nächst der directen Nervenwirkung zumeist unterthan den Temperaturen. Es ist eine bekannte Eigenschaft des Capillarrohres, durch Wärme gedehnt und durch Kälte zusammengezogen zu werden. Hohe Temperaturen, die die Capillaren treffen, führen daher eine Anhäufung derselben mit Blut, und niedrige Temperaturen wieder eine Entleerung der Blutgefässe herbei, ganz abgesehen davon, dass Kälte die Strömungsgeschwindigkeit in engen wie in weiten Röhren an sich schon herabsetzt.

Gerade im System der Capillaren findet nun aber, wie erwähnt, jede Art der Uebertragung vom Blut zu den Geweben

---

1) Sadler: a. a. O. S. 189.
Ranke: die Blutvertheilung der Organe.
2) Archiv d. Heilkunde. XIV. Bd. 1873. S. 157.
3) Vergl. auch Heidenhain a. a. O. S. 563 ff.

und umgekehrt statt. Die Capillaren der Peripherie können daher nur die Canäle sein, aus welchen die den inneren Organen entzogene Wärme den oberflächlichen Schichten des Körpers wieder zufliesst. Und da die Capacität des Capillarraumes die Blut- und Wärmevertheilung beherrscht, so muss von dem Contractionszustand der peripherischen Capillaren das Verhältniss der Temperaturen zwischen dem Innern des Körpers und seiner Peripherie abhängen.

Die Capillaren der Peripherie unterliegen aber wie die oberflächlichen Schichten des Körpers selbst allen Temperaturschwankungen der Umgebung.

Sie ziehen sich also zusammen und theilen weniger Wärme, als gewöhnlich, der Oberfläche mit, wenn es in der Umgebung kalt wird. Sie dehnen sich aus und führen der Oberfläche mehr Wärme zu, als gewöhnlich, wenn die Umgebung hohe Temperaturen annimmt. Sie wirken also dem abkühlenden Einfluss niedriger und dem erwärmenden Einfluss hoher Umgebungstemperaturen auf den Thierkörper direct entgegen und suchen so die Angriffe der Temperaturschwankungen in der Umgebung auf die Temperaturconstanz des thierischen Körpers zu beseitigen.

Solche Thätigkeitsäusserungen der Capillaren sind natürliche Vorgänge der Regulation. Sie allein können den Anforderungen an eine wirkliche Regulirung genügen. Denn sie arbeiten den Niveauschwankungen prompt entgegen, denen zu verfallen der allgemeine Körperwärmestrom ohne sie stets Gefahr laufen würde, und sie stufen sich auf das Feinste ab, so weit die grosse Empfindlichkeit der vitalen Capillaren reicht.

Jetzt werden jene Schwankungen des allgemeinen Körperwärmestromes gegenstandslos.

Treffen sie doch nur den mündenden Theil dieses Stromes, der diesseits der Muskulatur im Bereich der peripherischen Bedeckungen des Körpers fliesst, dort, wo die Capillaren ihre regulirende Thätigkeit entfalten. Freilich ändert dieser Theil des Stromes in denselben Grenzen die Steilheit seines Gefälles, wie die äusserste Zone des Körpers ihre Temperaturen mit denen der Umgebung wechselt. Es nimmt jene Steil-

heit begreiflicherweise zu, wenn die Umgebung kalt wird und ab, wenn letztere warm wird. Aber diese Aenderungen hören nun auf, Ausdruck der Schnelligkeit zu sein, mit welcher der Strom seiner Mündung zueilt und Wärmegrössen an die Umgebung abführt. Denn er gleicht nur noch dem Wasserfall, der ohne Einfluss auf den Wasserstand hinter der Schleuse gerade bei geringer Steilheit seines Gefälles, wenn er in weitem Bogen über den Rand der Schleuse zur Tiefe herabeilt, mächtige Fluten mit sich fortreisst, weil ihn reiche Zuflüsse aus geöffneten kleinen Pforten des Wasserthores — den dilatirten Blutgefässen — unterstützen, — und der bei steilem Gefälle arm längs der Wand der Schleuse herabsinkt, weil die kleinen Pforten derselben — die contrahirten Blutgefässe — wieder geschlossen sind und die Zuflüsse stocken, die ihn früher verstärkt haben.

2. Das Newton'sche Gesetz bei der Wärmeabgabe der Thiere.

Es ist sehr bemerkenswerth, dass man bis jetzt nicht diese Vorgänge der Blutströmung, die Folgen der Temperaturschwankungen an der Oberfläche des Körpers, sondern diejenigen Temperaturänderungen der Körperoberfläche selbst, welche durch jene Strömungsvorgänge an der Peripherie erst hervorgerufen werden sollen, als die eigentlichen und einzigen Regulatoren der Wärmebeständigkeit ansieht.

Bergmann,[1]) der zuerst die Circulationsänderungen in der Peripherie aus den Schwankungen der Umgebungstemperatur richtig abgeleitet hat, ist der Erste gewesen, der jene Auffassung von der Regulation ausgesprochen hat.

Wenn Wärme auf die Oberfläche des Körpers einwirkt, — so schliesst er —, und Dilatation der Blutcapillaren in Folge dessen sich einstellt; — dann muss die Blutströmung zur Peripherie grösser werden und eine Zunahme ihrer Temperatur veranlassen. Kälte, die die Körperoberfläche trifft, bringt dagegen die kleinen Blutgefässe derselben zur Contraction und

1) Dies Archiv 1845. S. 308.

setzt die Temperatur der Haut herab, indem sie den Blutzufluss zu ihr vermindert.

„Diese Wechsel müssen als Regulatoren der Wärmeverluste der inneren Organe betrachtet werden.“

Denn eine warme Haut gebe mehr Wärme an die Umgebung ab als eine kalte und eine kalte wieder weniger als eine warme. Die Gefahr, dass eine warme Umgebung dem Körper zu wenig und eine kalte zu viel Wärme entziehen würde, müsse so durch Vermittelung der Blutcirculation gemindert werden, die die Haut bei warmer Umgebung warm und bei kalter Umgebung kalt machen hilft.

Diese Schlussfolgerung ist bisher ganz allgemein adoptirt worden. Selbst die besten Forscher können in den durch die Temperaturwechsel hervorgerufenen Vorgängen der peripherischen Circulation nur in so fern einen regulirenden Einfluss erkennen, als diese Vorgänge die Temperaturen der Körperoberfläche im Sinn der sie veranlassenden Wärmeänderungen der Umgebung modificiren.[1])

Es kann aber keine Frage sein, dass diese Auffassung nur in sehr beschränktem Sinn gelten kann. Erwägt man die unmittelbare Wirkung von Temperaturschwankungen an der Körperoberfläche auf den allgemeinen Wärmestrom des Körpers, wie sie am Schluss des vorigen Abschnittes angedeutet worden ist, so wird man finden, dass sie ganz natürliche Feinde der Temperaturconstanz sind. Gerade dadurch, dass die geschilderten Vorgänge der Blutcirculation an der Peripherie, die diesen Schwankungen folgen, dem Effect derselben entgegen wirken, sind diese im Dienst der Wärmebeständigkeit thätig. Soweit sie thatsächlich die Temperaturänderungen der Peripherie unterstützen, die die Temperaturschwankungen der Umgebung veranlassen, schädigen sie im Princip ihren regulatorischen Charakter. Aber es geschieht dies in einer für

1) Vergl. Liebermeister: Handbuch der Pathol. und Therap. des Fiebers. Lpzg. 1875. S. 200.

Winternitz: Die Bedeutung der Hautfunction für die Körpertemperatur und die Wärmeregulation. Separatabdruck aus den Wiener med. Jahrb. 1875. S. 4 u. 5.

ihren Endeffect durchaus bedeutungslosen Weise. Denn die absoluten Temperaturänderungen der Haut, die sie hervorbringen, sind im Verhältniss zu denen, durch welche sie selbst erzeugt worden sind, so gering,[1]) dass sie die durch letztere bedingten Gefahren für die Temperaturconstanz kaum zu steigern vermögen.

Man hat es ganz vergessen, dass principiell für die Temperatur des Körperinneren weit wichtiger ist das Verhältniss dieser Temperatur zu der der Körperoberfläche, als das Verhältniss der Temperaturen der Körperoberfläche zu der der Umgebung. Denn es ist selbstverständlich, dass Temperaturschwankungen am Körper weit directer dessen Gesammttemperatur beeinflussen, als Schwankungen in der Temperatur der Umgebung.

Jene Temperaturänderungen der peripherischen Körperschichten bleiben nur in Folge accessorischer, im lebenden Organismus gebotener Momente thatsächlich ohne Wirkung. Schlechte Wärmeleitungsfähigkeit der Muskulatur vertheidigt die Temperaturbeständigkeit des Körperinneren gegen die Ungunst ihrer Einflüsse, und antagonistische Vorgänge der Circulation schwächen ihre Effecte.

Aber es kann anderseits nicht übersehen werden, — und erst hier kommt die alte Bergmann'sche Auffassung allerdings in sehr modificirter Form, zur Geltung —, dass dieser durch accessorische Momente bedingte Schutz nur so lange ausreichen kann, als die im Innern des Körpers gebildete Wärmemenge jederzeit den Körper durch dessen Oberfläche wieder ganz und vollkommen verlässt.

Erst für die Verwirklichung dieser Grundbedingung der Temperaturconstanz wird das Verhältniss der Temperaturen an der Körperperipherie und in der Umgebung von Wichtigkeit.

Indem die Haut den Temperaturschwankungen der Umgebung thatsächlich unterliegt und ihnen folgt, wirkt sie den für die Wärmebeständigkeit des gesammten Körpers gefährlichen Modificationen der Wärmeabgabe entgegen. Und solche

---

1) Vergl. weiter unten.

Modificationen sind bei Schwankungen der Umgebungstemperatur unvermeidlich, da die Wärmeabgabe des Körpers von der Temperaturdifferenz zwischen seiner Oberfläche und der Umgebung abhängt und dem Newton'schen Gesetz zu Folge dieser Differenz direct proportional ist.

Niemals können indessen jene Temperaturänderungen der Haut die erwähnten Alterationen der Wärmeabgabe compensiren. Solche Compensationen würden erfordern, dass jede Temperaturänderung in der Umgebung stets auch eine ihr an Grösse vollkommen gleichkommende Temperaturänderung der Haut bewirke. Denn nur dann bliebe die Temperaturdifferenz zwischen Haut und Umgebung, also auch die Wärmeabgabe die normale. Wäre das der Fall, dann müsste die mittlere Temperatnr der lebendigen Haut von 35° auf 45° sich erheben, wenn die mittlere Temperatur unserer Umgebung von 15 Graden im Sommer auf +25° steigt und sie müsste bis auf 5° unter Null sinken, wenn sich im Winter die Umgebung einmal auf —25° abgekühlt hat. Noch viel weniger ist daher die Annahme gestattet, die durch die warm werdende Umgebung sich erwärmende Haut gebe mehr und die durch die kalt werdende Umgebung sich abkühlende Haut gebe weniger Wärme an die Umgebung ab, als die normal temperirte Haut an die normale Umgebung. Denn solche Wirkungen würden die paradoxe Voraussetzung involviren, dass die durch die Temperaturschwankungen der Umgebung bewirkten Temperaturwechsel der Haut jenen voraneilen. Im Uebrigen würde dadurch eine ganz unnöthige Uebercompensation der gestörten Wärmeabgabe herbeigeführt werden müssen.

Hier ist nur von den groben Temperaturschwankungen der Haut die Rede gewesen, welche die Umgebung unmittelbar veranlasst.

Was man jedoch seit Bergmann mit besonderem Nachdruck betont, das ist nicht die compensatorische Wirkung dieser groben Schwankungen, sondern die derjenigen Temperaturänderungen der Haut, welche durch die Strömungswechsel des Blutes an der Peripherie hervorgerufen werden.

Da diese Aenderungen sich im Sinn jener Schwankungen vollziehen, ist es in der That nothwendig, dass sie deren compensatorische Wirkung unterstützen. In wie ausserordentlich geringem Grade sie indess das zu vollbringen im Stande sind, beweist die Thatsache hinreichend, das unsere Umgebung zwischen +30 und −30°, also innerhalb 60°, schwankt; das höchste Maass einer nur künstlich herbeizuführenden Strömungsalteration des Blutes in der Peripherie, soweit sie nicht bis zur Erzeugung pathologischer Processe in den Geweben ausgedehnt wird, dagegen die Temperaturen der Haut niemals über die Grenzen von etwa 4° hinaus verrückt.

Es ist demnach Thatsache, dass die Temperaturänderungen der Haut, die sich aus den groben, durch die Wechsel der Umgebungstemperatur direct hervorgerufenen Schwankungen und den kleineren Temperaturvariationen summiren, welche den durch jene Schwankungen erzeugten Circulationsvariationen des Blutes folgen, kleiner sind, als die primären Temperaturänderungen der Umgebung. Sie können deshalb eine Compensation der durch letztere angeregten Störungen der normalen Wärmeabgabe unterstützen aber nicht vollenden.

Eine Vervollständigung dieser Compensation wird durch andere Wirkungen der Blutströmungen in der Peripherie intendirt, die mehr als die vorigen den Charakter der Regulation tragen. Es sind das diejenigen Wirkungen, welche das an der Peripherie strömende Blut auf das Vermögen der Wärmeemission der Haut ausübt.

Dieser Einfluss der Circulation erklärt sich aus dem Umstand, dass die Oberfläche des in der Haut kreisenden Blutes als ein wichtiger Factor der Wärmeabgabe fungirt und dass diese Oberfläche es ist, welche durch den Wechsel der Umgebungstemperaturen in ihrer Grösse modificirt wird.

Nur in denjenigen Fällen, wo nicht die Temperatur der Umgebung schwankt und die des Körpers constant ist, sondern wo umgekehrt, die Temperatur des Körpers sich ändert, die der Umgebung aber beständig bleibt, erweist sich das Verhält-

---

Vergl. weiter unten.

niss der Temperaturen der Körperoberfläche und der Umgebung für die Wärmeabgabe und also in der Folge auch für die Temperatur des gesammten Körpers allein als unmittelbar bestimmend. Wenn die Körperwärme eines Thieres nach Störung oder Unterbrechung seiner Muskelthätigkeit fällt, so wird dieser Abfall mit zunehmender Dauer derselben für dieselben Zeiten continuirlich kleiner, weil die Temperatur des Thieres sich derjenigen der Umgebung beständig nähert und die für die Wärmeabgabe desselben maassgebende Temperaturdifferenz zwischen beiden immer mehr und mehr abnimmt. So erklärt sich die eigenthümliche Form der Curve des „physiologischen Temperaturabfalles".[1]) — So erklärt sich ferner die Thatsache, dass ein kleines Thier in sehr kalter Umgebung einen tödtlichen Temperaturabfall von 20° nur in einem kleinen Bruchtheil derjenigen Zeit erfährt, welche nöthig ist, damit die letzten Wärmereste von 1 bis 2° aus dem todten Körper desselben Thieres in derselben Umgebung verschwinden. Walther,[2]) dem diese Erscheinung der verlangsamten Abkühlung der Thiere nach dem Tode aufgefallen ist, hat sie offenbar mit Unrecht als einzige Folge der Sistirung des Kreislaufes im todten Thier gedeutet. Diese kann nur geringen Antheil an jener Verlangsamung haben. Er meint, letztere stellte sich im todten Thier aus demselben Grund ein, weshalb ein glühendes Eisen einer ruhenden Wassermasse nur sehr langsam, einer bewegten dagegen sehr schnell seine Wärme mittheile. —

Der Vollständigkeit wegen sei hier noch erwähnt, dass auch die Beobachtung Jürgensen's,[3]) die Dauer der Nachwirkung eines kalten Bades sei bei der Nacht stets grösser, als bei Tage, sich durch das erwähnte physikalische Gesetz hinreichend erklären lässt. Denn die Nachttemperatur eines Menschen ist im Mittel niedriger als seine Tagestemperatur. Der hier für die Erwärmung des durch das Bad abgekühlten Körpers maassgebende Unterschied der Temperaturen zwischen ihm und seiner disponibeln Wärmequelle ist also auch bei Nacht

1) Die Analogien zum Dulong-Petit'schen Gesetz. A. a. O. S. 90.
2) Centralblatt f. d. med. Wissenschft. 1864. S. 801.
3) Die Körperwärme des gesunden Menschen. Lpzg. 1873.

kleiner als am Tage, und kann daher dort nicht so schnell wirken, als hier. —

3. Die Abweichung der thierischen Wärmeabgabe von der **Newton**'schen Curve.

Ist die mit der Circulation wechselnde Grösse der von der Körperoberfläche abgegebenen Wärme in der That ein ansehnlicher Factor der Wärmeregulirung, dann muss das Newton'sche Gesetz bei der Wärmeabgabe der Menschen und der Thiere eine interessante Modification erfahren. —

Denn nähert sich die Temperatur der Umgebung derjenigen der Körperoberfläche und wächst so bei abnehmender Temperaturdifferenz beider der Blutzufluss zur Peripherie, dann vermehrt diese Circulationsbeschleunigung die Wärmeabgabe des Körpers, die wegen jener Abnahme der Temperaturdifferenz, also aus physikalischen Gründen, kleiner geworden wäre. Und wenn die Umgebung sich abkühlt und jene Differenz der Temperaturen zwischen Körper und Umgebung wächst, tritt der physikalischen Forderung einer erhöhten Wärmeabgabe von Seiten der Körperoberfläche die physiologische Thatsache entgegen, dass der in seiner Stärke und Lebhaftigkeit gesunkene Blutstrom an der Peripherie die Wärmestrahlung der Körperoberfläche herabsetzt, da sich jetzt die wärmeabgehende Blutfläche verkleinert hat.

Daher erfolgt dort die Wärmeabgabe schneller und hier langsamer, als den Temperaturdifferenzen einfach proportional. — Sie wird daher im ersten Fall grösser und im zweiten kleiner, als das Newton'sche Gesetz es vorschreibt und geht so aus einer linearen in eine Curvenfunction der Temperaturdifferenzen über. —

Einem ähnlichen Gesetz würden ungefähr die Wärmegrössen folgen, die ein auf constanter Wärmehöhe befindlicher Leslie'scher Würfel einer Umgebung mit beständig sinkender Temperatur mittheilen möchte, wenn derselbe mit zunehmender Temperaturdifferenz zwischen ihm und Umgebung eine allmählich eintretende Wandlung seiner ursprünglich rauhen und undichten Oberfläche in eine metallisch glatte und dichte erführe.

Liebermeister[1]) hat jenen Einfluss der peripherischen

1) Handbuch der Pathol. u. Therap. des Fiebers. S. 213.

Circulationsverhältnisse auf die Wärmeabgabe als eine zwar theoretisch zu fordernde aber real nicht vorhandene Thatsache erklärt, da er bei der Wärmeabgabe des lebenden Körpers an kalte Bäder eine Aenderung des Newton'schen Gesetzes nicht hat feststellen können. — v. Bärensprung[1]) hat dagegen die Variationen der Blutströmung an der Peripherie als Factoren von Bedeutung für die Wärmeabgabe des lebenden Körpers angesehen, verzweifelte aber an der Möglichkeit, dass für sie je würden absolute Werthe erhalten werden können, so wichtig sie auch für die Physiologie seien. — In neuester Zeit hat Winternitz[2]) den Versuch gemacht, solche Werthe festzustellen. Er hat zu dem Zweck die Schnelligkeit gemessen, mit welcher ein geschlossener Luftraum sich über einer bestimmten Hautpartie bei normaler und bei in mannigfaltiger Weise alterirter Circulation in derselben erwärmt. Leider gehen auch diese mühevollen und mit vieler Sorgfalt ausgeführten Messungen von der Voraussetzung aus, dass die absoluten Temperaturen der Haut ein Maass abgeben für die regulatorische Wirkung der Circulation und geben deshalb nicht die hier gesuchten Resultate. —

Es sind bisher nur wenig Methoden bekannt, die Wärmeabgabe verschiedener Oberflächen festzustellen. Leslie[3]) bestimmte sie aus der Temperaturzunahme eines Thermometers so, dass er die mit Russ bedeckte Kugel des letzteren in den Brennpunkt eines Hohlspiegels brachte, in dem er die von der zu untersuchenden Oberfläche ausgehenden Wärmestrahlen sich vereinigen liess. — Melloni[4]) benutzte zu demselben Zweck die Ablenkung einer Galvanometernadel, die mit einer in dem Leslie'schen Verfahren das Thermometer ersetzenden und nur einseitig bestrahlten Thermosäule in Verbindung stand. — Die Fernwirkung der Wärmestrahlen ist nicht nur von der Natur der strahlenden Oberfläche und dem Medium, in welchem sich die Wärmestrahlen ausbreiten, sondern vor Allem auch von der Temperaturdifferenz zwischen der wärmeabgebenden Ober-

1) Dies Archiv 1852. S. 280.
2) A. a. O.
3) Inquiry into the nature of heat. London 1804.
4) Poggendorff's Annal. Bd. XXXV. 1835. S. 385.

fläche und dem die Wärme absorbirenden Körper abhängig. Daher giebt man vor jedem Vesuch, nachdem die messenden Instrumente die Temperaturen der Umgebung angenommen haben, den die Wärme ausstrahlenden Körpern künstlich Temperaturen, die zu denen der Umgebung in einem festen Verhältniss stehen. — Am lebenden Körper sind die Temperaturen der strahlenden Oberfläche gegeben. Da diese Temperaturen unter den verschiedenen Bedingungen der Circulation in der Haut noch innerhalb enger Grenzen wechseln, so musste die Brauchbarkeit der vorstehenden Methode für die Bestimmung der Wärmeemission von Seiten der Haut an der Schwierigkeit der Aufgabe scheitern, zu gegebenen Temperaturen und kleinen Variationen derselben stets die Messapparate in ein constantes Temperaturverhältniss zu setzen. Die Lösung dieser Aufgabe hätte überdies vor Fehlern nicht schützen können, die durch einen bei jeder neuen Temperatur der Haut und der Messinstrumente auch anders einwirkenden Einfluss der Umgebungstemperatur auf letztere nothwendigerweise hätten herbeigeführt werden müssen.

Auch die dritte überhaupt noch bekannte Methode[1]) zur Bestimmung der Wärmeemission, die sich vor den vorigen dadurch auszeichnet, dass sie für letztere absolute calorimetrische Werthe giebt, verbietet sich für den lebenden Körper deshalb von selbst, weil sie auf der Feststellung der Erkaltungsgeschwindigkeiten der strahlenden Körper beruht. —

Somit blieb nichts übrig, als die Wahl eines neuen Verfahrens. — Dasselbe sollte das calorische Aequivalent der Capillarthätigkeit durch absolute Werthe ausdrücken und die Fehler vermeiden, die die Einflüsse der Umgebungstemperatur auf den messenden Apparat hätten mit sich bringen können. — Zu dem Zweck war es nöthig, die von einer bestimmten Hautstelle unter allen Bedingungen ihrer Circulation abgegebene Wärme einem Körper von bekanntem Wasserwerth zu übertragen, der unter allen Umständen leicht und schnell zur Temperatur der Haut in ein bestimmtes Verhältniss gesetzt

1) Wüllner: Lehrbuch der Experimentalphysik. 2. Aufl. Bd. III. Leipzig. 1875. S. 211.

werden konnte und ferner einen Modus der Mittheilung der Wärme an dieses Calorimeter zu wählen, bei welchem die Umgebung jeden Einfluss auf letzteres verlor. —

Man sieht, dass die Erfüllung dieser Forderungen die „Wärmeemission“ zur Bestimmung jener Werthe zu verwenden widerrieth und auf die Benutzung der „Wärmeleitung“ direct hinwies. — Aber man erkennt auch, dass das nichts weniger, als einen praktischen Nachtheil bedeutet. Wärmestrahlung und Wärmeleitung sind nur verschiedene Bedingungen der Wärmeübertragung und können in ihren Effecten nur relativ verschieden sein, wenn bei ihnen Wärmequelle und der zu erwärmende Körper absolut dieselben sind. — Und da gerade die Einflüsse, die sich bei der indirecten Uebertragung der Wärme auf die Erwärmung geltend machen, die Werthe der Wärmestrahlung relativ machen, so muss man sich im Princip absoluten Werthen nähern, wenn man bei directer Mittheilung der Wärme jene Einflüsse beseitigt. —

Die Haut der Hohlhand wurde als wärmeabgebende Fläche benutzt. — Indem sie den zu erwärmenden Körper durch eine einfache Manipulation und vollkommen umschloss, konnte die Wärmemittheilung an letzteren ohne Zeitverlust und ohne störende Einwirkung von Seiten der Umgebung geschehen. — Zur Erwärmung diente Wasser, — dessen geringe durch die Wahl des Ortes bestimmte Menge der Forderung eines auch für kleine Aenderungen in der Wärmeabgabe der Haut empfindlichen Index in sehr erwünschter Weise entgegenkam. —

Ich schloss das Wasser in einen kleinen, von der Hohlhand leicht zu umfassenden Cylinder von Glas (Fig. I. Taf. 7a.) ein, der an messingnen Hülsen einen fixirten Boden (*b*) und einen abschraubbaren Deckel (*a*) ebenfalls von Glas trägt. In einer centralen, nach unten konisch sich verengenden Bohrung des letzteren ist ein in Zehntelgrade getheiltes Celsius'sches Thermometer eingeschliffen, dessen Spindel bis zur Mitte des Gefässes reicht.[1]) — Dasselbe hat eine Länge von 7·5 Cm. und einen Durchmesser von 1·5 Cm. Bei einer Temperatur von

1) Den Apparat hat Hr. Mechaniker Rekoss in Königsberg nach meiner Angabe gefertigt. —

15° Cels. wiegt es mit Wasser gefüllt sammt Thermometer nur 37·451 Gr., wovon 10,719 Gr. auf den Inhalt kommen. Die specifische Wärme des Apparates beträgt nach dem Ergebniss mehrerer nach der Mischungsmethode ausgeführten Bestimmungen 0·118, — eine Grösse, die sich aus den Wärmecapacitäten des denselben zusammensetzenden Glases (0·194), des Messings (0·094) und des Quecksilbers (0·133) erklärt. Der ganze Apparat repräsentirt also mit seinem Inhalt nur einen Wasserwerth von 13·873 und stellt gewiss das kleinste Calorimeter dar, das je in Anwendung gekommen ist. —

Methode der Messung.

Jede Messung beginnt mit einer Temperaturbestimmung der Haut, deren Wärmeabgabe festgestellt werden soll. — Die feine cylindrische Spindel eines Geissler'schen Thermometer, das mit dem des Calorimeter genau verglichen worden ist, wird zu dem Zweck entweder von der Hohlhand oder von der zwischen Daumen und Zeigefinger befindlichen Interdigitalfalte umschlossen. Im letzteren Fall bleibt die Hand selbst während der Messung offen. Die schliesslichen Resultate der calorimetrischen Bestimmung zeigen sich von der Wahl des Ortes, an dem die Temperatur gemessen wird, vollkommen unabhängig. — Als wahre und verwerthbare Temperaturen der Haut können erst diejenigen angesehen werden, welche vom Thermometer wenigstens 3 bis 5 Minuten ununterbrochen angezeigt werden. Kommt eine solche Constanz aus irgend einem Grunde nicht zu Stande, so muss von dem Versuch überhaupt Abstand genommen werden. — Gewöhnlich tritt sie bald nach kürzerer, bald nach längerer Zeit ein; macht aber jedenfalls die Temperaturmessung selbst zu dem mühsamsten und am meisten zeitraubenden Theil des ganzen Versuchs. — Denn der ganze folgende Akt desselben hält sich nur innerhalb der Grenzen Einer Minute. —

Seitlich und in unmittelbarer Nähe der Versuchsperson befindet sich das Calorimeter. — Es ist an der Klemme eines Stativs so angebracht, dass es aus seinen Befestigungen mühelos und schnell gelöst werden kann. Etwas tiefer befindet sich an

einer zweiten Klemme desselben Stativs das Aetherreservoir eines Richardson'schen Zerstäubungsapparates, das mit seiner Canüle gegen das Calorimeter gerichtet ist. — Zum Zweck einer schnellen Verdunstung des Aethers erhält letzteres eine feine Gasehülle, die im Augenblick der Application desselben an die Haut wieder abgestreift wird. Der durch einen Gummischlauch mit dem Reservoir in Verbindung stehende Ballon liegt unter dem Experimentirtisch und wird von dem Beobachter mit dem Fuss dirigirt, damit ihm die Hände zu den nöthigen Manipulationen frei bleiben. — Bei einiger Uebung gelingt es ihm leicht, während der Dauer der Temperaturbestimmung in der Haut der Versuchsperson das Calorimeter durch Aetherverdunstung oder, wenn es nöthig ist, durch Erwärmung mit seiner eigenen Hand auf Temperaturen zu bringen, die zur Zeit der erreichten Temperaturconstanz in der Haut der für die Messung der Wärmeabgabe bestimmten Hand zu den an dieser festgestellten Temperaturen in einem gegebenen Verhältniss stehen. —

Ist beides genau erreicht, dann legt die Versuchsperson das Thermometer bei Seite und erfasst das ihm schnell dargereichte Calorimeter mit voller Hand. In demselben Augenblick löst sich das Arrêtement eines Secundenzählers. Der Beobachter verfolgt mit einer Lupe die Temperaturzunahme des Calorimeters und unterbricht den Gang der Uhr in demselben Moment, wo das Calorimeter sich in der Hand der Versuchsperson um eine bestimmte Anzahl von Graden erwärmt hat. So ist die Zeit gefunden, innerhalb welcher die Fläche der Hohlhand unter gegebenen Verhältnissen eine bestimmte Anzahl von Calorien abgiebt. — Aus den Variationen, welche diese Zeit erleidet, lässt sich der Werth eines Factors auf das Genaueste nach absolutem Maass feststellen, der die Wärmeabgabe der Haut in irgend einer Weise beeinflusst. —

In einer grossen Reihe von Versuchen wurde zunächst die Sicherheit der Methode, deren Princip die Anerkennung des Herrn Geheimrath Prof. Neumann erfahren hat, und die Constanz ihrer Resultate geprüft. — Nachdem die Versuchspersonen durch Uebung das Calorimeter stets in gleicher Weise und

ohne Druck zu halten gelernt hatten, war beides in den erreichbaren Grenzen eingetreten.[1])

Das circulatorische Wärmeäquivalent.

Das absolute Quantum der von der Haut abgegebenen Wärme muss die Summe zweier Grössen sein; derjenigen Wärmegrösse, welche durch Leitung aus dem Innern des Körpers bis zur Oberfläche der Haut dringt und hier in die Umgebung ausstrahlt und demjenigen Quantum von Wärme, welches das circulirende Blut den inneren Theilen des Körpers entzieht und an der Oberfläche desselben wieder absetzt.

Der erste dieser beiden Factoren kann als eine constante Grösse angesehen werden, die zweite muss eine veränderliche sein, da sie von dem Contractionszustand der peripherischen Capillaren abhängt. Die ganze von der Körperoberfläche abgegebene Wärmemenge, die sich aus beiden zusammensetzt, ist also ebenfalls eine Variable, deren Werthe durch das Verhältniss jener beiden Grössen zu einander und durch die Grenzwerthe, die die Veränderliche annehmen kann, bestimmt sind.

Da der mittlere Werth der gesammten die Körperoberfläche verlassenden Wärmemenge bekannt ist, so ist die Grenze ihrer Variationen gefunden, wenn man die Aenderungen in der Wärmeabgabe der Haut nach Einführung der Grenzwerthe des variabeln Factors feststellt.

Zur Auffindung dieser Werthe wurden die Zeiten bestimmt, innerhalb welcher sich das Calorimeter in der Hohlhand, stets bei einer constanten Temperaturdifferenz zwischen beiden, um 5° erwärmte, also von der Haut 5 mal 13·873 Calorien erhielt. Aus ihnen wurde dann diejenige Anzahl von Calorien berechnet, welche dieselbe Hautfläche in der Zeit von 1 Minute an das Calorimeter unter denselben Verhältnissen abgeben würde. Zunächst fand die Bestimmung bei normaler Circulation in der Haut statt, dann nachdem eine der beiden Grenzen der Variabeln

1) Die Herren Candd. med. Löwenthal, Casper und Storch haben sich an meinen Versuchen eifrigst betheiligt und durch ihre geschickte Assistenz dieselben auf das Dankenswertheste gefördert.

eingeführt worden war. Beide Bestimmungen mussten stets neben und kurz nach einander vorgenommen werden, damit nicht Verschiedenheiten in der Erregbarkeit der Blutcapillaren und in der Circulation und das ganze Heer von Zufällen ins Spiel kämen, die zu verschiedenen Zeiten den Mechanismus der Circulation in bekannter Weise treffen können.

Der niedrigste Grenzwerth der variabeln Grösse.

In der ersten Reihe von Bestimmungen wurde neben der normalen Wärmeabgabe diejenige Aenderung derselben geprüft, welche sie erlitt, wenn der variable Factor gleich Null gemacht, d. h. die Circulation überhaupt unterbrochen war.

Die Unterbrechung der Circulation wurde nach der Methode von Esmarch dadurch bewirkt, dass der Vorderarm von den Fingerspitzen bis über das Ellenbogengelenk hinaus mit einer elastischen Binde umwickelt wurde. Waren die Gefässstämme, nachdem das Blut in eben erwähnter Weise aus der Extremität herausgepresst worden war, hinreichend comprimirt worden, und waren die Pulsationen der *A.* radialis verschwunden, so begann die Temperaturmessung der Haut. Gewöhnlich stellte sich das Thermometer 10 bis 12 Minuten nach erfolgter Unterbrechung auf die erforderlich constante Temperatur ein. Dieselbe lag fast ausnahmlos $1^1/_2$ bis 2^0 Cels. unter der Temperatur, welche die Haut bei normaler Circulation besass. Während des Abfalls der Temperatur in der Haut durften natürlich calorimetrische Bestimmungen nicht vorgenommen werden, da dieselben aus klar liegenden physikalischen Gründen alle möglichen Resultate hätten ergeben müssen. Der gleiche Umstand verbot es, mit diesen Bestimmungen über den Zeitpunkt der Temperaturconstanz hinaus zu warten, da sich an denselben ein erneuter Abfall anschloss mit im Verhältniss zum primären sehr viel langsamerem Sinken der Temperaturen. Ausserdem erreichten die Schmerzen, Formicationen und Stiche im blutleeren Arm in dieser Zeit eine unerträgliche Höhe.

In Folgendem sind die Mittel aus den höchsten und tiefsten Werthen zusammengestellt, welche sich für die Wärmeabgabe der Haut bei normaler und bei unterbrochener Circulation er-

geben haben. Letztere sind im Verlauf von einem und einem halben Jahr gesammelt und liegen deshalb in einer Zahl vor, wie sie zu Schlussfolgerungen aus solchen in ihren Resultaten schwer absolut constant zu erreichenden Bestimmungen allein berechtigen. (Siehe Tabelle S. 283.)

Die erste der drei Versuchspersonen zeichnete sich vor den beiden andern durch eine sehr kräftig entwickelte Muskulatur aus und ertrug die Compression seiner Gefässe im Verhältniss zu ihnen in bewundernswerther Weise. Es liegt nahe, diese Thatsache aus einem gewissen Schutz zu erklären, den hier die Muskulatur den Blutgefässen gegen den Druck des elastischen Bandes gewährt habe. Die niedrigsten calorischen Werthe der Circulationsunterbrechung in den zuerst angeführten Bestimmungen, die so sehr von den übrigen abweichen, dürften deshalb wol, zumal minimale Pulse der Radialis schwer zu erkennen sind, als durch nicht vollkommene Sistirung des Kreislaufs bedingt angesehen werden und daher unberücksichtigt bleiben.

Dann hat sich aus den nachstehenden Versuchen ergeben, dass von der gesammten mittleren, die Körperoberfläche verlassenden und in die Umgebung ausstrahlenden Wärmemenge 20 bis 30pCt., demnach im Mittel 25pCt. dem variabeln und 75pCt. dem constanten Factor angehören. Beide Grössen verhalten sich also zu einander wie 1:3.

Helmholtz[1]) hat aus der Verbrennungswärme des in den Respirationsgasen erscheinenden Kohlen- und Wasserstoffs die Menge von Wärme berechnet, welche der Körper eines gesunden Menschen innerhalb einer festgesetzten Zeit bildet. Unter Berücksichtigung der aus Dulong's[2]) berühmten Versuchen bekannt gewordenen Thatsache, dass das Resultat jener Berechnung nur 75 pCt. der wirklich gebildeten Wärme giebt, hat er gefunden, dass ein Mann von 82 Kgr. Körpergewicht 113853 Calorien in der Stunde hervorbringt, wenn unter Calorie die-

1) Encyclop. Wörterbuch der med. Wissenschaften. Herausgegeb. von der med. Facult. zu Berlin. 1846. Bd. 35. S. 555.

2) Mém. sur la chaleur anim. (Ann. de Chim. et de Phys. 1841. p. 440.)

Zeit der Versuche u. mittl. Temp. der Umgebung.	Versuchsperson.	Circulation.	Mittlere Temperatur der Haut:	Mittlere Temperatur des Calorimeter:	Temperaturdifferenz zw. Haut und Calorimeter.	Zeit b. z. Erwärmung des Calorim. um 5° Cels. in Secunden.	Anzahl der v. der Haut in 1 Minute abgegeb. Calorien.	Circulatorisches Wärmeäquivalent.[1]
			1. Niedrigster Werth:					
Sommermonate.	Herr cand. med. S.	Frei	36·4° Cels.	16·4°	20°	42	99·1	100·0
22·1°–23°		Unterbrochen	35·3° C.	15·3°	. .	47	88·5	– 10·7 pCt.
			Höchster Werth:					
. .	. .	Frei	36·8° C.	16·8°	.	43	96.7	–23·2 pCt.
		Unterbrochen	34·1° C.	14·1°	. .	56	74·3	
			2. Niedrigster Werth:					
Frühjahr.	Herr cand. med. C.	Frei	34·9° C.	14·9°	. .	52	80·0	–23·5 pCt.
15°–18° Cels.		Unterbrochen	32·9° C.	12·9°		68	61·2	
			Höchster Werth:					
. .	. .	Frei	34·5° C.	14·5°	. .	55	75·6	–27·7 pCt.
		Unterbrochen	33·9° C.	13·9°		76	54·7	
			3. Hier waren alle Werthe im Mittel gleich.					
Winter und Frühjahr.	Herr cand. med. L.	Frei	35·6° C.	15·6°	. .	48	86·5	–22·5 pCt.
15°–16°		Unterbrochen	32·8° C.	12·8°		62	67·1	

1) Das circulatorische Wärmeäquivalent ist nach Procenten der normal von der Haut abgegebenen Wärmemenge ausgedrückt und gibt hier diejenige Grösse an, um welche sich die normal von der Haut abgegebene Wärmemenge nach Unterbrechung der Hautcirculation vermindert. Daher das Zeichen „—“.

jenige Wärmequantität verstanden ist, welche eine Wassermenge von 1 Gr. um 1° Cels. erwärmt. Die Beständigkeit der absoluten Körpertemperatur beim Menschen macht es erforderlich, dass bei ihm die Grösse der gebildeten und die der abgegebenen Wärme einander gleich sind. Da der gewöhnlichen Annahme zufolge von der gesammten im Organismus entstehenden Wärme nur 77·5 pCt. den Körper durch die Haut verlassen, so beträgt die Gesammtsumme der von der letzteren im Laufe Einer Stunde unter gewöhnlichen Verhältnissen abgegebenen Calorien 88236.

Es werden demnach unter denselben Verhältnissen annähernd 66177 Calorien durch Leitung durch die Gewebe und 22059 Calorien durch das circulirende Blut der Peripherie während Einer Stunde vermittelt und an die Umgebung abgeführt.

Wie weit dieses empirisch gefundene Verhältniss der beiden den absoluten Wärmeverlust zusammensetzenden Grössen dem thatsächlich vorhandenen entspricht, lässt sich durch eine kleine Berechnung prüfen.

Von allen Geweben des Körpers sind, wie früher dargelegt worden ist, die der äussersten Zone, also Haut, Unterhautfett- und Unterhautzellgewebe die einzigen, welche dem Blut nicht Wärme geben, sondern von dem circulirenden Blut Wärme aufnehmen. Unterbleibt plötzlich die Zufuhr von Blut zur Peripherie, so muss die Temperatur dieser Zone sinken und der Grad, in welchem das geschieht, dem Ausfall von Wärme entsprechen, den die Circulationsunterbrechung herbeigeführt hat. Im Verlauf der ersten halben Stunde nach Unterbrechung des peripherischen Kreislaufs sinkt die Temperatur der Haut um ungefähr zwei und ein viertel Grade Cels. Die in dieser Zeit durch Sistirung des Kreislaufs der Peripherie entzogene Wärmemenge kommt also annähernd derjenigen Grösse gleich, welche die Masse der äusseren Körperzone um die genannte Zahl von Graden zu erwärmen im Stande wäre.

Dursey[1]) hat bei einem Selbstmörder von 65·25 Kgr. Körpergewicht die Haut sammt ihres Fettpolsters 7·404 Kgr.

1) Nach einem Citat Liebermeister's: Lehrb. d. Pathol. u. Therap. des Fiebers u. s. w. S. 223.

schwer gefunden. Die Masse der äussersten Zone beträgt daher etwa ein Neuntel des gesammten Körpergewichtes und bei einem 82 Kgr. schweren Menschen demnach ungefähr 9 Kgr. Da sie eine von der specifischen Wärme des Muskels [1]) nicht abweichende Wärmecapacität haben wird, so repräsentirt sie einen calorischen Werth von 9000· 0 769 = 6921·0 gr. Wasser. Zur Erwärmung um 2·25° bedarf sie demnach 15572 Calorien. Das direct gemessene und für dieselbe Zeit berechnete circulatorische Aequivalent beträgt 11029 Calorien, eine für die vorliegende nur schätzende Rechnung hinreichend genaue Uebereinstimmung.

Die bei jeder Circulationsunterbrechung der Körperperipherie entzogene Wärmemenge wird nothwendigerweise in den inneren Organen des Körpers zurückbehalten. Weil sie nicht ohne Wirkung bleiben kann, muss der Wärmeretention eine Temperatursteigerung in den inneren Theilen folgen. In demjenigen Abschnitt derselben wird sie zunächst sich äussern, welcher die Rolle der Peripherie in Beziehung auf den Kreislauf zufällt. Nun hat Ludwig [2]) gezeigt, dass das Gefässsystem der Muskulatur gegenüber demjenigen der Eingeweide und der Haut durch Reactionsträgheit seiner muskulösen Elemente in hohem Grad ausgezeichnet ist. Wenn die Blutgefässe der Eingeweide und der Haut oder eines dieser beiden Gebiete sich verengern, findet daher das aus ihnen verdrängte Blut in der Muskulatur offene Abflusswege, in die es jederzeit unbehindert ausweichen kann. Das Blut, das unter gewöhnlichen Verhältnissen in der Körperperipherie fliesst, circulirt, wenn der peripherische Kreislauf ruht, in der Muskulatur. Die Wärme, die das Blut früher der Peripherie zugeführt hat, bleibt nun in dem in den Muskeln kreisenden Blut. In kurzer Zeit muss daher zwischen der Temperatur des Muskels und des in ihm circulirenden Blutes ein Ausgleich sich herstellen, und dann

---

1) Die Wärmeleitung des Muskels. A. a. O. S. 254.

2) Moh. Effendi Hafiz: Ueber die motorischen Nerven der Arterien, welche innerhalb der quergestreiften Muskeln verlaufen. In den Berichten der Kgl. Sächs. Gesellschft. der Wissenschaften zu Leipzig. Math. phys. Classe Bd. XXII. S. 214. 1870.

die gesammte in den Muskeln gebildete Wärme die Muskulatur selbst erwärmen.

Letztere beträgt ungefähr 45 pCt. des gesammten Körpergewichtes. Bei einem 82 Kilo schweren Mann wiegt sie demnach etwa 36·9 Kgr. Da sie eine specifische Wärme von 0·769 besitzt, so repräsentirt sie einen Wasserwerth von 28376. Bei absoluter Unterbrechung der peripherischen Circulation würden sich, wie sich aus dem Vorhergehenden ergiebt, 22059 Calorien während Einer Stunde in der Muskulatur anhäufen. Fände eine so lange dauernde Unterbrechung statt, dann wäre sie demnach hinreichend, durch die durch sie bewirkte Wärmestauung die ganze Muskulatur um 0·8° Cls. zu erwärmen.

Liebermeister[1]) hat darauf hingewiesen, dass ein in der Achselhöhle eines Menschen befindliches Thermometer zu steigen anfängt, sobald man jenem durch Kälteeinwirkung auf die Körperoberfläche Wärme entzieht. Er hat diese Erscheinung im Verein mit den Resultaten seiner calorimetrischen Messungen als ein Zeichen reactiver Wärmeproduction gedeutet und in der früher erwähnten Weise erklärt. Wenn nun aber ein Thermometer sich in der Achselhöhle befindet, ist es, wie bekannt, allseitig von Muskulatur umschlossen und zeigt also die Temperaturen der Muskelzone an. Die Muskelzone erwärmt sich nun erwiesenermassen durch Wärmestauung, wenn die Circulation in der Peripherie stockt. Kältewirkung auf die Körperoberfläche bewirkt eine solche Stockung. Folglich ist die Temperaturzunahme eines Thermometers in der Achsel bei Abkühlung der Körperoberfläche nicht nothwendig ein Zeichen vermehrter Wärmebildung.[2]) Und sie kann es nicht sein, wenn, wie behauptet wird,[3]) es richtig ist, dass eine solche Temperaturzunahme auch dann nicht mehr als 0·2° Cels. beträgt, wenn die Körperoberfläche einen empfindlich kalten und mit seiner

1) Deutsche Klinik. 1859. Nr. 40. Dies Archiv, 1860. S. 523.

2) Senator (S. u. A. Virchow's Archiv Bd. L. S. 354. Bd. LII. S. 137); — Winternitz (Virchow's Archiv Bd. LVI. S. 181 ff.; Wiener med. Jahrb. N. F. 1871. S. 180 ff. u. s. w.) u. A.

3) Vgl. Senator: dies Archiv, 1872. S. 38. Anm.

Nachwirkung den peripherischen Kreislauf etwa $^{1}/_{4}$ Stunde alterirenden Bade ausgesetzt ist.

Gerade die Temperaturzunahme der Muskeln bei Kreislaufssistirung in der Peripherie und bei der dadurch herbeigeführten Wärmeretention im inneren Körper verleiht dem eigenthümlichen Charakter der Muskulatur und ihrer Bedeutung für die Temperaturbeständigkeit der höheren Thiere eine neue Stütze. Wirkt sie doch einem Mechanismus gleich, der die Schleuse gerade dann höher hebt, wenn die Gefahren für den Wärmestrom, den sie schützt, besonders gross werden.[1])

Der höchste Grenzwerth der variabeln Grösse.

Der höchste Werth der Variabeln wurde durch den Vergleich der bei normaler Circulation mit der bei maximaler Capillardilatation in der Peripherie von der Haut abgegebenen Wärmegrösse festgestellt.

Zur Hervorbringung der Dilatation diente die Wärme. In grossen Zinkwannen wurde Wasser auf Temperaturen von 40° Cels. und darüber erwärmt und sorgfältig auf constanter Höhe erhalten. Mit dem Schlag des Sekundenzählers tauchte die Versuchsperson ihre zu den Messungen bestimmte Hand in das Wasser ein und hob sie wieder nach Verlauf einer gewissen Zeit aus dem Bade heraus. Sofort wurde die Temperatur der Haut in der bereits geschilderten Weise thermometrisch festgestellt. Die sehr empfindlichen Thermometer stiegen schnell zu den hohen Temperaturen der Haut an, um dann wieder langsam zu sinken. Der höchste, genau betrachtete Stand des Thermometers zeigte die gewünschte Temperatur an. Hatten mehrere stets von grösseren Pausen unterbrochene Messungen dasselbe Resultat ergeben, so wurde in einer neuen Reihe ebenso ausgeführter Erwärmungen an Stelle des Thermometers unmittelbar das Calorimeter an die Haut angelegt und die Wärmeabgabe direct bestimmt. Die Ergebnisse dieser Bestimmungen konnten nun mit den vorher festgestellten Werthen der normalen Wärmeabgabe verglichen werden.

---

1) Vrgl. S. 260 dieser Arbeit.

Gefundene Mittelwerthe:

Circulation.	Temperatur der Haut	Temperatur des Calorimeters	Temperaturdifferenz zwischen Haut und Calorimeter	Zeit bis zur Erwärmung des Calorim. um 5° Cels. in Secunden.	Anzahl der von der Haut in 1 Min. abgegeb. Calorien.	Circulatorisches Wärmeäquivalent.[1])
Normal. Umgebung zwischen 15 und 20° Cels.	35·8 In d. Hohlh.	15·8	20	48″	86·7	
	35·6 In d. Interdigitalfalte	15·6	. .	48″	86·7	100
Capillardilatation nach Einwirkung eines Bades v. 40° durch 5 Min.	38·5	18·5	. .	42″	99·1	+ 14·3 pCt.
Capillardilatation. Bad von 45° Cels. durch 5 Min.	41·1	21·1	. .	36″	115·6	+ 33·3 pCt.
Capillardilatation. Bad von 46° u. 6′ Grenze des für die Versuchsperson Erträglichen.	41·1	21·1	. .	36″	115·6	+ 33·3 pCt.

Aus der Gleichheit der Ergebnisse der beiden letzten Versuche folgt, dass eine 5 Min. lang dauernde Einwirkung eines Bades von 45° Cels. auf die Haut genügt, die grösste Erschlaffung der peripherischen Capillaren zu erzeugen. Eine höhere Wärmewirkung auf dieselbe ist wenigstens nicht mehr im Stande gewesen, das circulatorische Wärmeäquivalent zu vergrössern. Sein grösster Werth beträgt also in runder Zahl 30 pCt. der normalen Wärmeabgabe. Würde dieser Werth unter gewöhnlichen Verhältnissen erreicht werden, dann müsste die Körperoberfläche eines 82 Kgr. schweren Menschen 88236 + 26470 = 114706 Calorien in der Zeit Einer Stunde verlassen.

In der gleichen Zeit werden von demselben Körper überhaupt nur 113853 Calorien gebildet. Es ergiebt sich daraus

1) Das circulatorische Wärmeäquivalent gibt hier diejenige Grösse der normal von der Haut abgegebenen Wärmemenge in Procenten derselben an, um welche diese bei gesteigerter Hautcirculation wächst (+). —

die theoretisch sichergestellte Möglichkeit, dass die Function der peripherischen Capillaren allein —, ohne den durch die Wasserverdunstung von der Körperoberfläche und durch die In- und Egesta aus dem Körperinnern herbeigeführten Wärmeverlust —, im Stande ist —, die Wärmebildung innerhalb des Körpers durch Steigerung der peripherischen Circulation und damit der Wärmeabgabe zu compensiren.

Aber es fordert eine solche Compensation, dass sich der höchste Grad der Capillardilatation unabhängig von Temperatureinflüssen der Umgebung auf die Körperoberfläche bei normalen Temperaturverhältnissen zwischen der letzteren und der Umgebung einstelle. Wie weit diese Function den natürlichen Forderungen der Temperaturconstanz wirklich genügt, wird in Folgendem untersucht werden.

Curve der Wärmeabgabe am lebenden Körper.

Den Berechnungen der absoluten Werthe der Capillarthätigkeit ist die normale mittlere Wärmeabgabe der Haut zu Grunde gelegt. Man darf annehmen, dass diese Wärmeabgabe bei einer Temperatur der Haut von 35° und einer Temperatur der Umgebung von 15°, also bei einem Temperaturunterschied zwischen Körperoberfläche und Umgebung von 20° erfolgt. Die diesen Grössen der normalen wie der künstlich modificirten Wärmeabgabe entsprechenden calorischen Aequivalente sind bei derselben Temperaturdifferenz zwischen Haut und Calorimeter gemessen worden und gelten demnach für ein und dieselben physikalischen Bedingungen der Wärmeabgabe. Deshalb sind sie direct mit einander vergleichbar und können als Ordinaten eines Coordinatensystems (Fig. II.) betrachtet werden, dessen Abscisse die verschiedenen Contractionsgrade der peripherischen Capillaren angiebt.

Die Untersuchung der calorischen Werthe hat vier solcher Ordinaten ergeben, und durch sie sind auch vier Punkte derjenigen Curve bestimmt, welcher die Grössen der Wärmeabgabe unter denselben äussern Temperaturverhältnissen folgen

müssten, wenn die Circulation in der Peripherie alle möglichen Variationen durchginge von Null bis zum höchsten Grenzwerth.

Wie bereits erwähnt worden ist, ist der Grad der Capillarthätigkeit eine Function der auf die kleinsten Gefässe einwirkenden Temperaturen. Der Contractionszustand der Hautcapillaren hängt also von den Hauttemperaturen ab. Er steht insofern im umgekehrten Verhältniss zu denselben, als er zunimmt, wenn Letztere sinken. Nun werden die absoluten Temperaturen der Haut zum grössten Theil bestimmt von den Temperaturen der Umgebung. Sie wachsen, wenn letztere steigen und nehmen ab, wenn sie fallen. Da sie aber langsamer wachsen und langsamer abnehmen, als die Umgebungstemperaturen, unter deren Einfluss sie selbst sich ändern, und da hier nur normale Verhältnisse berücksichtigt werden, also solche, bei denen der thierische Körper an seine Umgebung überhaupt Wärme abgiebt, d. h. stets höher temperirt ist, als seine Umgebung; so bedeutet jede Temperaturzunahme der Körperoberfläche gleichzeitig eine Abnahme der Temperaturdifferenz zwischen ihr und Umgebung und jede Temperaturabnahme derselben ein Wachsen dieser Differenz.

In einem System von Coordinaten sollen die Abscissen aufsteigende Temperaturen der Körperoberfläche und also auch abnehmende Temperaturdifferenzen zwischen ihr und Umgebung bedeuten, die Ordinaten dieses Systems dagegen sollen die bei den einzelnen Temperaturen der Haut und den gleichzeitig vorhandenen Temperaturdifferenzen zwischen der letzteren und der Umgebung von der Körperoberfläche nach dem Newton'schen Gesetz abgegebenen Wärmegrössen angeben.

Die Art der Abweichung, welche die Wärmeabgabe des lebenden Körpers von der Newton'schen Curve (Fig. III. *NC.*) erfährt, ist daher definitiv gefunden, wenn zu den eben bezeichneten Ordinaten die festgestellten Werthe des circulatorischen Aequivalentes algebraisch summirt werden.

Das Maximum der Capillardilatation fand sich bei einer Temperatur der Haut von 41°. Käme eine solche Temperatur in der Haut des normal fungirenden Körpers unter dem Einfluss einer weniger hohen Temperatur der Umgebung zu Stande, dann würde die Wärmeabgabe des Körpers bei die-

ser Temperatur nicht mehr der normalen Wärmeabgabe multiplicirt in den Quotienten der gewöhnlichen Temperaturdifferenz in die neue kleinere, sondern der um 30 pCt. gesteigerten normalen und in diesen Quotienten multiplicirten Wärmeabgabe gleich sein. Sie würde demnach, wenn a die Grösse der normalen Wärmeabgabe und d die neue Temperaturdifferenz bedeutet, nicht $a \frac{d}{20}$, sondern $\left(a + a \frac{30}{100}\right) \frac{d}{20}$ Calorien betragen.

Eine Angabe über die niedrige Temperatur der Haut, welche die Capillaren derselben zu einer bis zum vollkommenen Verschluss führenden Contraction anzuregen im Stande wäre, lässt sich leider nicht machen. Eine Reihe von Versuchen, in denen an Stelle der warmen kalte und durch Eis regulirte Bäder angewandt wurden, führten nicht zum Ziel. Zunächst deswegen, weil es kein sicheres Zeichen eines durch Kälte bewirkten Verschlusses der Capillaren giebt. Dann weil sich die Absicht nicht ausführen liess, die Abkühlung der Haut so lange zu steigern, bis die Resultate der Wärmeabgabe constant blieben, wie es bei der Erzeugung der Capillardilatation in analoger Weise geschehen war. Die Temperaturen der durch das Bad abgekühlten Haut liessen sich nämlich nie mit Sicherheit bestimmen, weil sie mit dem Augenblick, wo sie dem Einfluss des Bades entzogen wurden, rapide sich zu erheben begannen. Ferner hätte bei diesen Temperaturen das Calorimeter stets unter Null abgekühlt werden müssen. Die Sicherheit der Application eines so kalten Körpers in einer halb erstarrten Hand würde eine sehr problematische geworden sein. Endlich hätte die Ungleichmässigkeit der Eisbildung im Calorimeter die Berücksichtigung der latenten Wärme des Eises bei den Messungen in Rechnung zu ziehen nicht ohne erhebliche Fehler gestattet.

Hier lässt sich daher nur allgemein sagen, dass bei derjenigen niedrigen Temperatur der Haut (Fig. III. x), welche zu einem vollständigen Capillarverschluss in derselben führen würde, nicht die normale, sondern die um 25 pCt. verringerte normale Wärmeabgabe (a) der Körperoberfläche nach dem Verhältniss der gewöhnlichen Temperaturdifferenz zwischen Körper-

oberfläche und Umgebung zu der neuen grösseren (δ) wachsen müsste.

$$\left(a - a\,\frac{25}{100}\right)\frac{\delta}{20}$$

Noch sind die calorischen Werthe der normalen Circulation und derjenigen bekannt, welche die bei einer Temperatur der Haut von 38°[1]) vorhandene Capillardilatation mit sich bringt. Es sind also im Ganzen drei Punkte (*a*, *b*, *c*) der neuen Curve (*A B* Fig. III.) gegeben, die die Interpolation der übrigen positiven Werthe gestatten.

Den Gang der zweiten Hälfte der Curve, derjenigen für die negativen circulatorischen Wärmewerthe, hoffte ich dadurch zu finden, dass ich die Zeit für die Abgabe einer bestimmten Anzahl von Calorien, — immer derselben wie in den früheren Versuchen —, von Seiten der Haut an das Calorimeter feststellte, wenn die Temperaturdifferenz zwischen Haut und Calorimeter in einer arithmetischen Reihe stieg. Mit zunehmender Temperaturdifferenz zwischen Haut und Calorimeter sollte ein zunehmender Grad von Capillarcontraction eintreten, dessen Wärmeäquivalente sich aus den den Temperaturdifferenzen nicht mehr proportionalen Zeiten hätten ergeben sollen.

Auch von diesem Theil der Curve sollten drei Ordinaten gefunden werden. Da die Differenzen von 20° an steigen mussten und über 30° nicht betragen durften, damit das Einfrieren des Wassers im Calorimeter vermieden wurde, so konnten die erforderlichen Differenzen nur 20°, 25° und 30° sein.

In Folgendem sind die Mittelwerthe vier solcher an drei Versuchspersonen gemachten Bestimmungen zusammengestellt.

(Siehe nebenstehende Tabelle.)

Die Temperaturdifferenzen zwischen Haut und Calorimeter verhielten sich in allen nachstehenden Bestimmungen wie:

$20 : 25 : 30 = 1 : 1{\cdot}25 : 1{\cdot}5$, und die bei diesen Differenzen von der Haut abgegebenen Calorien verhielten sich

1) bei C. wie $74{\cdot}3 : 99{\cdot}1 : 128{\cdot}1 = 1 : 1{\cdot}33 : 1{\cdot}72$.

2) bei L. wie $72{\cdot}5 : 90{\cdot}0 : 126{\cdot}1 = 1 : 1{\cdot}24 : 1{\cdot}73$.

3) bei S. wie $75{\cdot}0 : 99{\cdot}1 : 122{\cdot}4 = 1 : 1{\cdot}32 : 1{\cdot}63$.

Es sind die von der Haut dem Calorimeter mitgetheilten

[1]) Vrgl. die früher angeführten Tabellen.

Umgebung 15 — 18°.

1. Versuchsperson: Hr. Cand. med. C.

Temperatur der Haut	Temperatur des Calorimeter	Temperatur-differenz zw. Haut und Calorimeter	Zeit der Erwärmung des Calorimt. um 5° in Secund.	Wärmeabgabe der Haut während 1 Min. in Calorieen
34·9°	14·9	20	56	74·3
34·7	9·7	25	42	99·1
34·5	4·5	30	32·5	128·1
2. Versuchsperson: Hr. Cand. med. L.				
35·8	15·8	20	57·3	72·5
35·4	10·4	25	46·3	90·0
35·4	5·4	30	33	126·1
3. Versuchsperson: Hr. Cand. med. S.				
33·7	13·7	20	55·5	75·0
34·7	9·7	25	42·0	99·1
35·0	5·0	30	34	122·4

Wärmegrössen im Verhältniss zu den wachsenden Temperaturdifferenzen zwischen beiden, unter deren Einfluss jene Mittheilung geschehen ist, nicht kleiner geworden. Die Messungen haben also das erwartete Resultat nicht ergeben. Eine Erklärung für diesen negativen Erfolg lässt sich unschwer darin finden, dass die zu den Messungen erforderliche Zeit der Einwirkung des Calorimeters auf die Haut eine zu kurze und die Grösse der Wärmeentziehung von derselben deshalb auch eine zu geringe ist —, als dass das kalte Calorimeter eine Reaction der kleinen Gefässe durch die die Wärme schlecht leitende Cutis hindurch wachzurufen im Stande sein sollte. Dieser erfolglose Versuch wäre deshalb von mir überhaupt unerwähnt geblieben, besässen seine Resultate nicht auch eine schätzenswerthe Seite. Die Wärmegrössen sind den wachsenden Temperaturdifferenzen so genau gefolgt, dass die Quotienten beider fast absolut übereinstimmen. Diese Thatsache beweist

die grosse Genauigkeit der hier angewandten Methode und steigert den Werth der durch sie gewonnenen positiven Ergebnisse.

Aus der Bestimmung der Grenzwerthe des circulatorischen Wärmeäquivalentes hat sich ergeben, dass dasjenige der normalen Circulation bei mittlerer Hauttemperatur nahezu zwischen beiden in der Mitte steht. Es lässt sich daraus vermuthen, dass die Curve der negativen Werthe von derjenigen der positiven in ihrem Gang nicht sehr abweichen und vielleicht nur um ein Weniges gestreckter verlaufen werde, als sie. Unter dieser Voraussetzung wäre die Annahme gestattet, dass gleiche durch den Wechsel der Umgebungstemperatur erzeugte Abweichungen der Hauttemperaturen von der normalen mittleren auch gleiche circulatorische Wärmewerthe mit verschiedenen Vorzeichen haben werden. Da nun unter gewöhnlichen Verhältnissen solche Temperaturschwankungen der Haut über die Grenzen zweier Grade zu beiden Seiten der normalen mittleren Temperatur nicht zu treten pflegen, so dürfte mit Rücksicht auf das festgestellte calorische Aequivalent einer Hautwärme von 38° wol geschlossen werden, dass die Schwankungen der Wärmeabgabe von Seiten der Haut für gewöhnlich sich innerhalb der Grenzen des um 14 pCt. vermehrten oder verminderten normalen Wärmeverlustes multiplicirt in den Quotienten der bekannten beiden Temperaturdifferenzen halten. Das kann selbstverständlich nur soweit gelten, als nicht von den Temperaturen unabhängige Schwankungen in der Grösse der peripherischen Strombahn vorkommen.

Der regulatorische Werth der circulatorischen Leistung.

Die empirisch gefundene Höhe der circulatorischen Leistungen gibt auf die Frage ihres regulatorischen Werthes unmittelbar noch keine Antwort. Dieselbe kann erst aus dem Verhältniss deducirt werden, in welchem jene Leistungen zu den Forderungen einer absoluten Temperaturconstanz stehen.

Nimmt man an, dass die Wärmebildung zu allen Zeiten sich in den gewöhnlichen Grenzen befindet und sich nicht „reactiv" ändert, so kann man diese Forderungen ziffermässig

feststellen, indem man diejenige Wärmemenge berechnet, um welche die durch die jedesmal vorhandene Temperaturdifferenz zwischen Körper und Umgebung bestimmte Grösse des Wärmeverlustes zu- oder abnehmen muss, um stets die normale bei einer Temperaturdifferenz von 20° vorhandene Höhe zu erreichen.

Durch die Gleichung

$$\left(a \pm a\frac{x}{100}\right)\frac{d}{20} = a$$

ist der zu suchende Werth (x) nach Procenten der normal abgegebenen Wärmemenge ausgedrückt, sobald für a diese Wärmemenge und für d die Temperaturdifferenz zwischen Körper und Umgebung eingesetzt wird.

Man erhält die Grenzwerthe der von einer absoluten Temperaturconstanz an die regulatorischen Leistungen gestellten Forderungen, wenn man für d die grösste und die kleinste überhaupt mögliche Temperaturdifferenz zwischen Körper und Umgebung einführt. Nun können + 30° und − 30° Cels. als die gewöhnlichen Temperaturgrenzen unserer Zone gelten. Setzt man daher voraus, dass die in ihren Temperaturen so labile Haut bei der höchsten Umgebungstemperatur sich schnell bis auf 39° erwärmt und bei der niedrigsten Umgebungstemperatur ebenso schnell sich auf 30° abkühlt, so würde die kleinste überhaupt mögliche Temperaturdifferenz zwischen Körper und Umgebung 9° und die grösste 60° betragen.

Dann ist das positive Aequivalent der regulatorischen Leistung, — der Zuwachs von Wärme, welcher den bei der kleinsten Temperaturdifferenz gegebenen sehr kleinen Wärmeverlust der Körperoberfläche bis zur normalen Höhe erhebt, — durch das x der Gleichung

$$\left(88236 + 88236\,\frac{x}{100}\right)\frac{9}{20} = 88236$$

ausgedrückt, während der Werth für das negative Aequivalent derselben Leistung, — für diejenige Grösse, um welche der bei der grössten Temperaturdifferenz sehr gesteigerte Wärmeverlust kleiner werden muss, um wieder zur Norm zurückzukehren, — aus der Gleichung

$$\left(88236 - 88236 \frac{x}{100}\right) \frac{60}{20} = 88236$$

folgt.

Dort ist $x = 122$ und hier $x = 66{\cdot}6$.

Daraus folgt, dass die Temperaturconstanz des menschlichen Körpers regulatorische Leistungen fordert, die im höchsten Fall die Wärmeabgabe des Körpers um 122 pCt. des normalen Wärmeverlustes zu steigern und um 66·6 pCt. desselben Verlustes herabzusetzen im Stande sein müssen.

Die Vorgänge der Circulation leisten das nicht, da sie die Wärmeabgabe der Körperoberfläche nur um 30 pCt. des normalen Wärmeverlustes zu erhöhen und um 25 pCt. desselben zu verringern vermögen.

Diese Thatsache entspricht vollkommen der Natur der circulatorischen Vorgänge als der feineren Einstellungsmechanismen. Solche Mechanismen vollführen nie den Effect des gesammten nothwendigen Excurses einer gegebenen Bewegung, sondern beschränken sich stets auf einen Theil desselben.

In der Muskelfunction und der Ernährung einerseits, in der directen Wärmeabgabe an die Umgebung, in der Wasserverdunstung und der Respiration sind anderseits die Momente gegeben, welche die allgemeine, grobe Einstellung der Körpertemperaturen bewirken.

Von principieller Bedeutung aber sind jene Resultate, weil sie lehren, dass die Vorgänge der Regulation den lebenden Körper viel weniger vor Wärmestauung, als vor zu grossem Wärmeverlust schützen. Das positive Aequivalent der von Seiten der Blutströmung geleisteten Regulation entspricht nur dem vierten Theil des für die Temperaturconstanz nothwendigen Bedürfnisses, das negative Aequivalent derselben aber der Hälfte. Wenn es nun wahr ist, dass der lebende Körper den weit höheren Erfordernissen für die Vermeidung der Wärmestauung durch natürliche Vorgänge ohne Zuhilfenahme einer reactiven Kältebildung genügt, dann muss man auch consequenter Weise annehmen, dass ein Bedürfniss desselben,

Wärme reactiv zu bilden, überhaupt gar nicht vorliegt.

Denn es bleiben selbst dann die Anforderungen der Temperaturconstanz an die Leistungen des thierischen Organismus bei den höchsten Temperaturen der Umgebung grösser als bei den niedrigsten, wenn man die bei hohen Temperaturen der Umgebung durch gesteigerte Wasserverdunstung stattfindende Vermehrung des Wärmeverlustes in Rechnung zieht. Denn sie beträgt nur etwa 25 pCt. der normal abgegebenen Wärmemenge.

Führt man in die beiden Gleichungen für x die Grenzwerthe des circulatorischen Aequivalentes ein, so lehrt die Berechnung von d das interessante Factum kennen, dass durch die Vorgänge der Circulation allein eine vollständige Compensirung der durch die Schwankungen der Umgebungstemperatur bewirkten Aenderungen in der Wärmeabgabe erzielt werden, so lange die Temperatur der Umgebung derjenigen der Körperoberfläche sich von 20° bis auf 15° nähert und von 20° bis auf 26·6° von ihr entfernt.[1]) Sie entsprechen demnach den Forderungen der Temperaturconstanz nur für das Differenzintervall zwischen Körper und Umgebung von 11·6 Graden. Und auch diese beschränkte Regulation findet nur dann statt, wenn vorausgesetzt wird, dass innerhalb des Bereiches des genannten Intervalles das Maximum und das Minimum des variabeln Factor der Wärmeabgabe fällt.

Man kann daraus die Rolle ermessen, die den übrigen die Körperwärme beeinflussenden Momenten noch auf die Temperaturconstanz zukommt: der Art der Ernährung, der Intensität der Muskelbewegung, der Grösse der Wasserverdunstung und dem Modus der Bekleidung. Auf die Bedeutung der letzteren weist die Natur selbst hin, indem sie die Dichte und Stärke des Pelzes der im Freien lebenden Thiere im Sommer und im Winter den Bedürfnissen entsprechend verändert.

1) Mit diesem Resultat stimmen die Ergebnisse der Beobachtungen Senator's (Centralblatt f. d. med. Wissschftn. 1868. S. 708) gut überein, der das Regulationsvermögen des Menschen Temperaturschwankungen der Umgebung von nur 8 bis 10 Graden Cels. überwinden gesehen hat.

Was die Regulation absolut leistet, lässt sich am besten an den Folgen eines regulatorischen Mangels erkennen.

Bei der kleinsten Temperaturdifferenz zwischen Körper und Umgebung von 9° wird der stündliche Wärmeverlust eines 82 Kgr. schweren Menschen dem Newton'schen Gesetz zu Folge von 88236 Calorien auf 39706 Calorien vermindert und bei der grössten Differenz von 60° auf 264708 Calorien erhöht. Denken wir uns nun einen lebenden menschlichen Körper von dem genannten Gewicht frei von allem Vermögen der Wärmeregulation und seine Temperatur nur so lange constant, als das normale mittlere Temperaturverhältniss zwischen ihm und Umgebung vorhanden ist, dagegen veränderlich, wenn dieses Verhältniss gestört wird; dann würde man die Folgen jenes hypothetischen Mangels gefunden haben, sobald die Zeit bestimmt ist, innerhalb welcher die bezeichneten Störungen der Wärmeabgabe den lebenden Körper tödteten.

Die höchste Körpertemperatur, die sich noch mit den Lebensfunctionen des menschlichen Organismus verträgt, liegt etwa 4° über der normalen und die niedrigsten Temperaturen, die man in einigen Fällen am lebenden Menschen beobachtet hat, befanden sich etwa 5° [1]) unter derselben. Da der Wasserwerth eines 82 Kgr. schweren menschlichen Körpers gleich 63058 ist, — ich setze die Wärmecapacität der gesammten Körpermasse derjenigen des Muskel 0·769 [2]) gleich —, so lässt sich aus den oben angeführten Zahlen mit Leichtigkeit finden, dass der bezeichnete Körper in einer Umgebung von + 30° Cels. im Verlauf von 5 Stunden und in einer Umgebung von — 30° Cels. in 1 Stunde tödtliche Temperaturänderungen erfahren müsste.

Genauer lässt sich dieses Resultat durch exactere Rechnung wiederfinden.

Es soll die Oberfläche des Körpers die Temperatur τ und die Umgebung die Temperatur r haben. Wenn a die Zahl von Calorien bedeutet, welche die Körperoberfläche bei der Temperaturdifferenz $\tau - r$ in der Zeit t an die Umgebung abgiebt; so

1) Vlg. Liebermeister: Hdb. der Pathol. u. der Therapie des Fiebers. Lpzg. 1875. S. 69.

2) A. Adamkiewicz: Die Wärmeleitung des Muskels. A. a. O.

bleibt die in dem sehr kleinen Zeitraum Δt von dem Körper verlorene Wärmequantität $a\Delta t$ so lange dieselbe, als τ und r sich nicht ändern. Wächst nun plötzlich die Umgebungstemperatur um s Grade, oder kühlt sie sich plötzlich um s Grade ab, so muss die Wärmeabgabe des Körpers in der Zeit Δt im ersten Fall auf die Grösse $a \frac{\tau - r - s}{\tau - r} \Delta t$ sinken und im zweiten Fall auf die Grösse $a \frac{\tau - r + s}{\tau - r} \Delta t$ sich erheben. In Folge dessen werden in derselben Zeit vom Körper dort $\left(a - a \frac{\tau - r - s}{\tau - r}\right) \Delta t$ Calorien zurückgehalten und hier $\left(a \frac{\tau - r + s}{\tau - r} - a\right) \Delta t$ Calorien über das gewöhnliche Maass ausgegeben. Jenes Wärmequantum erhöht die Temperaturen des Körpers, dieses setzt sie herab. Und wenn wir den Wasserwerth des Körpers mit A bezeichnen, ist $\frac{1}{A}\left(a - a \frac{\tau - r - s}{\tau - r}\right) \Delta t$ der bei der Stauung stattfindende Zuwachs und (die negative Grösse) $\frac{1}{A}\left(a - a \frac{\tau - r + s}{\tau - r}\right) \Delta t$ der durch die vermehrte Wärmeabgabe veranlasste Abfall desselben.

Für den lebenden thierischen Körper ist es charakteristisch, dass seine beiden inneren Zonen bei der Erwärmung, wie bei der Abkühlung des gesammten Körpers gleichmässig ihre Temperaturen ändern.[1]) Da das Endresultat[2]) solcher Temperaturänderungen auch in der äussersten Körperzone dem der inneren Schichten gleich ist, so darf ohne Schädigung des Resultates die für die Rechnung nothwendige Annahme gemacht werden, dass auch die Temperaturänderung der Haut von vornherein mit der der inneren Schichten Schritt hält. Daher kann die allgemeine Temperaturänderung des Körpers an derjenigen der Haut gemessen werden. Aendert sich demnach die Temperatur τ der letzteren unter den bezeichneten Bedingungen um $\pm \Delta\tau$ in der Zeit Δt, so gibt $\Delta\tau$ auch die unter denselben Bedingungen eintretende Temperaturänderung der ganzen Körpermasse an, und es ist

$$\frac{1}{A}\left(a - a \frac{\tau - r \pm s}{\tau - r}\right) \Delta t = \Delta\tau.$$

Wenn man sich den ganzen Vorgang continuirlich ab-

1) Die Analogien zum Dulong-Petit'schen Gesetz u. s. w. A. a. O. S. 119.

2) Vgl. ebenda S. 134 Anm.

nehmend vorstellt bis die Zeit- und Temperaturwerthe unendlich klein werden, dann resultirt aus der vorstehenden Relation die Differentialgleichung

$$\pm \frac{as}{A\,\tau - r}\, dt = d\tau$$

$$\pm \frac{as}{A}\, dt = (\tau - r)\; d\tau$$ und durch Integration derselben

$$\pm \frac{2as}{A}\, t = (\tau - r)^2 + \text{Const.}$$

Der Werth der Constanten ist durch die Temperatur τ_0 zur Zeit $t = o$ bestimmt, und es ist daher

$$\pm \frac{2as}{A}\, t = (\tau - r)^2 - (\tau_0 - r)^2 = (\tau + \tau_0 - 2r)\,(\tau - \tau_0).$$

Wird für a diejenige Wärmemenge gesetzt, welche die Oberfläche eines lebenden Körpers unter normalen Temperaturverhältnissen zwischen ihm und Umgebung während Einer Stunde an letztere verliert, so giebt der berechnete Werth von t die Zeit in Stunden an, innerhalb welcher in diesem Körper eine tödtliche Temperaturerhöhung oder Temperaturerniedrigung eintreten müsste, wenn jenes Verhältniss plötzlich unterbrochen würde und wenn der Organismus unfähig wäre, den Gefahren einer solchen Unterbrechung durch regulatorische Vorgänge vorzubeugen.

Für einen menschlichen Körper von 82 Kgr. Gewicht findet man daher unter derselben Voraussetzung die Stundenzahl, innerhalb welcher er in einer Umgebung von + 30 Graden und − 30 Graden lethale Temperaturgrenzen erreichte, wenn man in die oben abgeleitete Gleichung $\tau_0 = 35$, $r = 15$, $a = 88236$, $A = 63058$ und in dem Fall der Wärmestauung $\tau = 39$ und $s = 15$ und in dem andern Fall der Abkühlung $\tau = 30$ und $s = 45$ setzt.

Nach dieser Substitution der einzelnen Grössen wird für die Temperaturerhöhung

$$t = \text{num. log. } 0{\cdot}62248 = 4{\cdot}2$$ und

für die Temperaturerniedrigung

$$t = \text{num. log. } 0{\cdot}1430 = 1{\cdot}4.$$

Königsberg, März 1876.

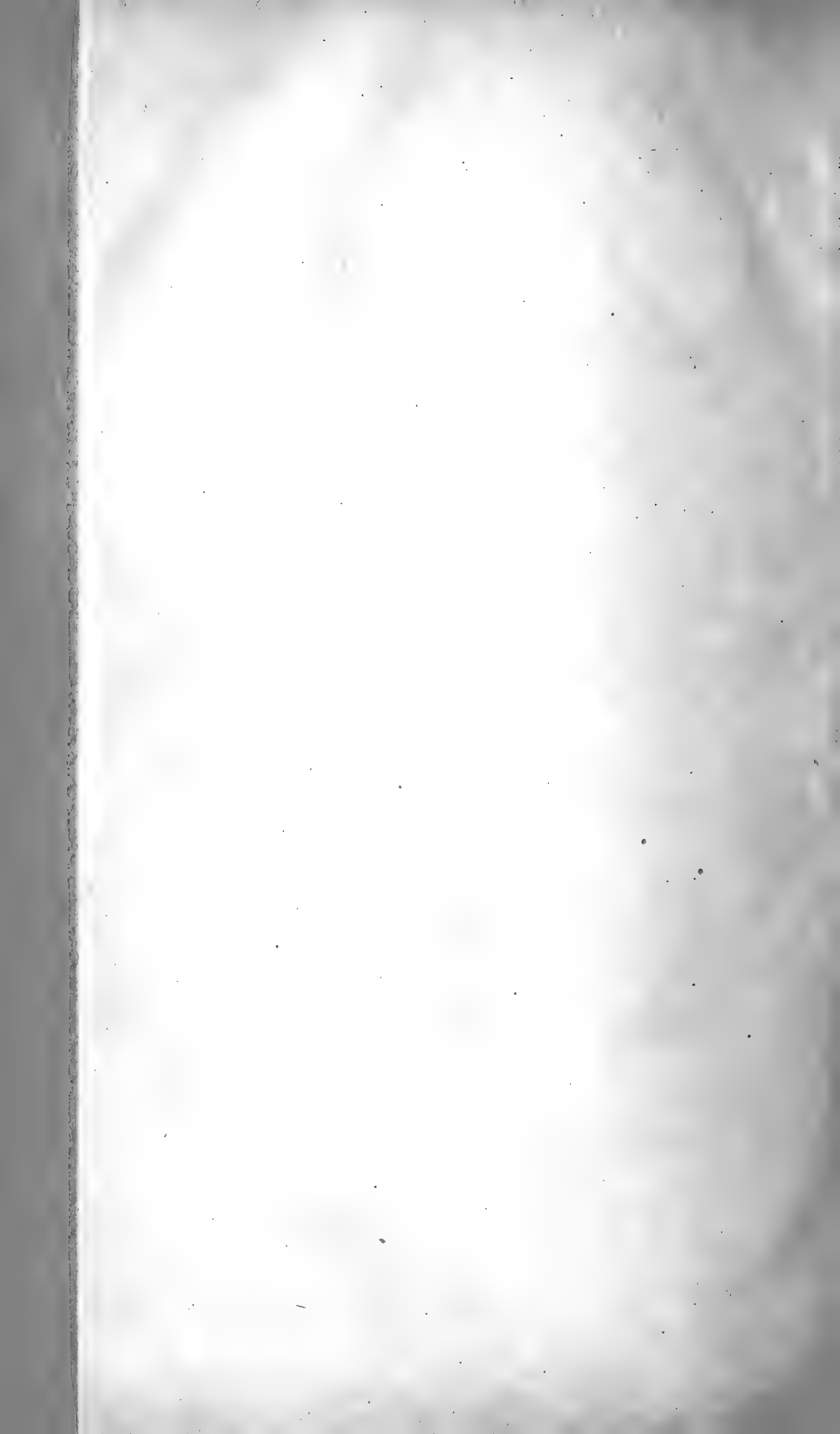
A. 1. 2. 3. 4.

B. 2. 3. 5. 6.

1.

Adamkiewicz del.

W. Grohmann sc.



Beitrag zur Lehre vom Knochenwachsthum.

Von

Dr. Ludwig Lotze.
Aus Göttingen.

(Hierzu Tafel VII B.)

Ueber die Frage, in welcher Weise das Wachsthum der Knochen erfolge, haben zahlreiche und werthvolle Untersuchungen zu einem allgemein anerkannten Abschluss noch nicht geführt; noch immer stehen über diesen räthselhaften Vorgang zwei entgegengesetzte Ansichten einander gegenüber. Die eine Auffassung, durch Kölliker, Maas, Lieberkühn, Wegner und andere vertreten, lässt den Knochen an Länge und Dicke durch Auflagerung neu gebildeten Gewebes zunehmen, seine typische Form aber durch entsprechende Resorption der schon vorhandenen Substanz bewahren; die andere, von Strelzoff, J. Wolff und anderen aufrecht erhalten, glaubt das Wachsthum der Knochen dadurch herbeigeführt, „dass die einzelnen Knochenbälkchen unter Beibehaltung ihrer Oertlichkeit und Richtung durch Expansion immer länger und dicker werden".[1])

Die Geschichte dieser Untersuchungen ist in den ausführlichen Arbeiten Köllikers[2]) und Strelzoffs[3]) eingehend behandelt.

---

1) Zur Knochenwachsthumsfrage von Dr. Julius Wolff. Virchow's Archiv 61. Bd. 4. H. S. 428.

2) Kölliker, Die normale Resorption des Knochengewebes und ihre Bedeutung für die Entstehung der typischen Knochenformen. 1873.

3) Strelzoff, Eberth, Untersuchungen aus dem pathol. Institut zu Zürich.

Wenn ich nun mir erlaube, zu der Lösung dieser Frage einen kleinen Beitrag zu versuchen, so motivire ich mein Unterfangen damit, dass ich schon vor dem Erscheinen der Schriften von J. Wolff[1]) und Wegner[2]) auf Anrathen meines verehrten Lehrers des Hrn. Professor W. Krause den Duhamelschen Nagelversuch im Juni 1874 angestellt habe. Aus der Wolff-Wegner'schen Controverse glaube ich ausserdem nehmen zu dürfen, dass es nicht ganz überflüssig sei, diesen Versuch zu wiederholen. Ich dachte dabei nicht, in der Menge der Experimente Sicherheit für die Richtigkeit der zu erlangenden Ergebnisse suchen zu müssen und habe mich darauf beschränkt, einige ganz genaue Messungen nach Duhamel auszuführen, von denen ich hoffen darf, dass sie, nach einer Richtung hin wenigstens, gerechten Anforderungen genügen werden.

Meine Versuchsthiere waren durchweg französische Kaninchen (Lapins), die mir der Grösse und des schnellen Wachsthums wegen geeigneter schienen als unsere deutschen.

Der Versuch wurde folgendermaassen ausgeführt. Das Thier wurde auf dem Rücken liegend auf ein Operationsbrett in gewohnter Weise an den vier Beinen angezogen festgebunden. Sodann durchschnitt ich in geringer Ausdehnung die Haut am Unterschenkel und zwar so, dass ich den Knochen der Tibia dicht unter der Tuberositas hart an der Crista auf etwa 5 Mm. sehen konnte. Hier liegt der Knochen so nahe unter der Haut, dass man weder Muskeln noch grössere Gefässe verletzen kann. Blutung trat daher auch bei keinem der operirten Thiere ein. Hierauf bohrte ich mit einem ganz fein zugespitzten Pfriemen an der erwähnten Stelle ein und drückte in dieses vorgebohrte Loch einen mit einem feinen Köpfchen versehenen Stift von reinem in Feuer gehärtetem Silber. Ebenso machte ich es am unteren Ende der Tibia, wo medianwärts von der Crista am unteren Dritttheil der Tibia eine Stelle des Knochens frei von Sehnen dicht unter der Haut liegt. Bevor ich die Hautwunden

1) Virchow's Archiv 61. Bd. H. 4.
2) Virchow's Archiv 61. Bd. H. 1.

schloss, machte ich die Messungen der Abstände der beiden Nägelköpfe mit Hülfe von Cirkel und Massstab. Letzterer war in Millimeter getheilt und geringere Grössen wurden geschätzt, da diese Schätzung nach Wilh. Weber richtigere Resultate geben soll, als wenn man sich eines in Zehntel Millimeter abgetheilten Massstabes bedient. Solcher Messungen machte ich sechs an jedem Thiere, nahm von ihnen den Durchschnitt und liess diesen als annähernd richtigen Messungswerth gelten. Ferner mass ich, um doch einigermassen die Länge der Tibia zur Zeit der Operation zu kennen, diese beim lebenden Thiere über dem Fell. Da aber diese Bestimmung nicht ganz genau sein konnte, so wurde versucht, nachdem das betreffende Thier wie gewöhnlich an der rechten Tibia genagelt war, die linke durch Amputation im unteren Drittheil des Femur als genaues Maass der genagelten zu bekommen, da man wohl annehmen kann, dass bei einem gesunden Thiere beide zu jeder Zeit gleich lang sind. Leider vertrugen beide Versuchsthiere die Amputation nicht, obwohl dieselbe mit allen Cautelen gemacht war.

Die Einführung der Nägel vertrugen die Thiere ganz gut, und traten gleich mit dem genagelten Beine fest auf; auch habe ich bei keinem in der Folge irgend eine pathologische Veränderung wahrgenommen; ihre Grösse nahm, bei guter Fütterung, bedeutend zu, und sechs Monate nachher durfte ich annehmen, dass die Knochen hinreichend gewachsen sein würden, um, wenn der Knochen sich gedehnt hätte, einen messbaren Ausschlag der Nägeldistanz zu geben.

Ich tödtete nun das zuerst (28. 6. 74) operirte Thier am 15. 11. 74.

Der Abstand der Nägel ergab genau dieselbe Entfernung wie vor fünf Monaten. Ebenso liessen sich bei sämmtlichen folgenden Thieren, die ich in kurzen Zwischenräumen tödtete, die Nägel in unveränderter Lage erkennen. Die Entfernung der beiden Nägel betrug bei einem Thiere beispielsweise am 3. 7. 74 in 6 Messungen:

1. Messung	39·7 Mm.	Im Durchschnitt: 39·9 Mm.
2. —	40·1 —	
3. —	39·8 —	
4. —	39·9 —	
5. —	40·0 —	
6. —	40·0 —	

am 22. 11. 74 in 6 Messungen:

1. Messung	39·9 Mm.	Im Durchschnitt: 39·9 Mm.
2. —	40·1 —	
3. —	40·0 —	
4. —	39·8 —	
5. —	39·7 —	
6. —	40·0 —	

Diese Messungen, auf deren sehr geringe Schwankungen ich noch zurückkomme, überzeugen mich vollständig, dass bei allen diesen Versuchsthieren und während der beobachteten Wachsthumszeit kein einziges Mal Zunahme der ursprünglichen Entfernung der Nägel, also auch keine Längenexpansion der von ihnen eingegrenzten Knochenpartie stattgefunden hat. Sie können freilich nicht ohne weiteres beweisen, dass überhaupt Expansions-Wachsthum in den Knochen nirgends und niemals vorkomme. Im Allgemeinen würde die Theorie dieses expansiven Wachsthums drei verschiedene Behauptungen aufstellen können. Sie könnte zuerst meinen, der Knochen dehne sich in allen seinen Theilen und während seiner Wachsthumszeit überhaupt zu jeder Zeit gleichmässig aus, bis er seine normale Länge erreicht hat; diese erste Annahme halte ich allerdings für unverträglich mit meinen Messungen und sie gilt mir durch diese widerlegt.

Man könnte aber zweitens sich vorstellen, die Ausdehnung des Knochens erfolge zwar in allen Theilen und in jedem Abschnitt der Wachsthumsdauer, aber nicht gleichmässig, sondern nach Ort und Zeit verschieden. Es könnte endlich drittens vermuthet werden, der Knochen dehne sich in einigen Theilen nur bis zu einer gewissen Zeit aus, bleibe von da an in diesen unverändert, während er in anderen Theilen in der vorigen Weise fortwächst, vielleicht auch in ihnen sich

noch energischer dehnt. Die beiden letzteren Annahmen hätten wir noch zu überlegen.

Nach der zweiten würde sich der Knochen zwar in seiner ganzen Länge, aber ohne Zweifel in der Mitte der Diaphyse am wenigsten und an den Enden derselben am stärksten ausdehnen. Dann muss bei der erwähnten Art des Versuches eine Zunahme der Nägeldistanz erfolgen, wo auch die Nägel angebracht sein mögen; aber in der Mitte der Diaphyse wird dieser Ausschlag geringer sein und zwar um so geringer, je kleiner die ursprüngliche Distanz der Nägel gewählt wurde. War diese Distanz sehr klein und befand sie sich zugleich nahe der Mitte der Diaphyse, so würde ein Ausschlag, der immerhin noch stattfinden könnte, sich einer Messung mit gewöhnlichen Hülfsmitteln entziehen.

Umgekehrt wird der Ausschlag grösser, wenn die Nägel nach den Enden der Diaphyse aus einander rücken und dies wird um so mehr geschehen, wenn die Expansion selbst von der Mitte der Diaphyse an nach der Epiphyse hin stärker wird.

Auch diese zweite Annahme kann ich mit meinen Versuchen nicht vereinigen. Die Orte der Nagelungen waren von der Mitte der Diaphyse weit entfernt, ihre Distanz sehr beträchtlich. Wenn dennoch nach hinlänglicher Wachsthumszeit keine Aenderung in der Stellung der Nägel eingetreten war, so kann die ganze zwischen ihnen liegende Diaphyse entweder gar keine oder nur eine so minimale Längenausdehnung erfahren haben, dass sie innerhalb der Messungsfehlergrenzen liegen würde.

Die dritte Annahme würde man ohne Zweifel so formuliren, dass in der Mitte der Diaphyse die Expansion am frühesten aufhört und nach den Enden derselben zu, gleichviel ob mit constanter oder vermehrter Energie, längere Zeit fortdauert. Denn das umgekehrte, dass sie in der Mitte nur noch lebhafter würde, ist gegenüber obigen Messungsresultaten unhaltbar. Wäre es nun so, so könnte es allerdings geschehen, dass man bei dem Versuch blos deshalb keinen Ausschlag bekomme, weil man durch die Nägel gerade eine Partie eingegrenzt hätte, die ihr Wachsthum vollendet hätte.

Allein auch dieser Einwurf gilt unseren Versuchen nicht, da wir fast die ganze Diaphyse zwischen den Nägeln eingeschlossen hatten. Man würde also nur noch einwenden können, dass während der von uns beobachteten Wachsthumszeit die Expansion wirklich blos noch jenseits dieser Grenzen stattgefunden habe, was denn ziemlich darauf hinaus liefe, dass sie eben nur in der Nähe der Epiphysen überhaupt geschieht. Denn unsere Versuche fingen bei vierwöchentlichen Kaninchen an und endigten nach vollständigem Wachsthum. Oder endlich: man würde behaupten müssen, in den ersten vier Wochen expandiren sich die Diaphysen, von da aber tritt jedenfalls die Art des Wachsthums ein, welche ich in dieser Abhandlung nachzuweisen unternommen habe.

Fehlerquellen, welche meine Versuche unschlusskräftig machten, kann man vier anführen. Die erste, ungenaue Messung, glaube ich vermieden. Nähmen wir aus den sechs oben angeführten ersten Messungen die grössten und aus den sechs zweiten die kleinsten Zahlen, so betrüge die Differenz, die eine etwa stattgefundene Ausdehnung der Diaphyse zwischen den Nägeln bedeuten würde, nur 0·4 Mm. Da der ganze Knochen sich von 8 Cm. auf 11 ausgedehnt hatte, so würden jene 0·4 Mm. noch nicht 2 pCt. der ganzen Ausdehnung betragen, d. h. einen so kleinen Theil, dass selbst dann, wenn er wirklich direct beobachtet worden wäre, er noch immer innerhalb der Grenzen annehmbarer Beobachtungsfehler fallen würde.

Die zweite Quelle der Fehler könnte darin liegen, dass die Nägel sich gelockert hätten, verschoben oder heraus gefallen wären oder dass sie dem etwa stattfindenden Wachsthum nicht nachgefolgt wären. Ueber die letzteren Punkte muss ich später sprechen. Auch ein Herausfallen und eine Verdeckung der Nägel durch überwachsende Knochensubstanz ist mir einmal oder zweimal begegnet; allein es war immer möglich, auch in diesen Fällen die Messungen mit gleichem Erfolge an den Löchern, wo die Nägel gesessen hatten, oder nach Abfeilung der bedeckenden Knochenwucherung an ihnen selbst vorzunehmen.

Der dritte Fehler würde zu geringe Distanz der Nägel gewesen sein. Ich habe schon hinlänglich erwähnt, dass ich im Gegentheil sehr weite Entfernungen wählte, nur die Sorge, das Gelenk zu afficiren, bewog mich dazu, die Tub. tibiae als Grenze anzunehmen, über die ich nicht näher an die Epiphyse gehen wollte. In derselben Entfernung hielt ich mich an dem unteren Ende der Tibia von dem Gelenke. Die gewählten Zwischenweiten der Nägel betrugen in Mm.: 48·7; 48·2; 51·8; 39·9; 43·3; 40·6; 55·6; 51·1; 55·6; 59·0; 54·6; 37·5; 34·3; 34·0; 37·6; 41·1; 40·2.

Die vierte Fehlerquelle würde die Wahl zu alter Versuchsthiere sein. Es könnte sein, dass bei diesen eine früher vorhanden gewesene Expansion der Diaphyse bereits aufgehört hätte und auch bei weiten Abständen der eingeschlagenen Nägel nur noch jenseits derselben fortdauerte. Ich läugne nicht, dass, wie man an den vorhin angeführten Zahlen sieht, einige meiner Versuchsthiere älter waren als wünschenswerth ist, allein die an ihnen gemachten Beobachtungen sind doch ganz übereinstimmend mit denen, die an hinlänglich jungen Thieren gemacht wurden.

Soll man berechtigt sein, aus derartigen Versuchen einen bestimmten Schluss zu ziehen, so sind einige Kenntnisse über die Grössen nothwendig, welche die Knochen der Versuchsthiere zu verschiedenen Zeiten haben. Ich vermisse hierüber genaue Aufzeichnungen sowohl bei J. Wolff als bei Wegner und glaube, dass die Richtigkeit der Wegner'schen Versuche auch für J. Wolff weniger zweifelhaft gewesen sein würde, wenn jener diese Zahlen mit Genauigkeit zu geben im Stande gewesen wäre. Andrerseits würde J. Wolff auf die minimalen, von ihm gefundenen Ausschläge weniger Gewicht gelegt haben, wenn er die relativen Grössen des wachsenden Thierknochens mit ihnen verglichen hätte.

Unerlässlich scheint mir, wenigstens zu wissen, welche Länge die Tibia kurz nach der Geburt hat, dann diejenige zur Zeit des Experimentes und schliesslich noch die nach vollendetem Wachsthum des Versuchsthieres oder seiner Species. Nur dann wird man beurtheilen können, ob etwa er-

haltene Ausschläge überhaupt zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind.

Die drei oben geforderten Zahlen betragen nach meinen Messungen für das neugeborene Kaninchen 34 Mm.; für dasselbe zur Zeit des Experimentes je nachdem 50—80 Mm.; für das ausgewachsene 117 Mm.

Die Tibia des neugeborenen Kaninchens war die eines 5 Tage alten Thieres; die Tibien zur Zeit des Experimentes gehörten 4—6 Wochen alten an und der Knochen, welcher eine Tibia eines ausgewachsenen Thieres darstellt, ist von einem französischen Kaninchen, welches 1½ Jahr nach dem Duhamel'schen Versuche leben bleiben durfte.

Ich weiss nicht, ob es irgendwo sichere Angaben giebt, welche die Zeit genau bestimmen, innerhalb welcher das Wachsthum kleinerer Säugethiere resp. der Knochen definitiv abgeschlossen ist; jedenfalls scheint mir diese Frist von 1½ Jahren nicht zu niedrig gegriffen zu sein. Wenn nun auch diesen letzten so wie den ersten Zahlenwerth genau zu wissen wichtig ist, wie ich nachher zeigen werde, so ist doch natürlich der zweite von ganz besonderem Interesse. Ihn beim lebenden Thiere genau zu erhalten ist mit gewöhnlichen Hülfsmitteln unmöglich. Der einzig mögliche Versuch hierzu, nämlich durch Amputation im unteren Drittheil des Femur in der abgetrennten und unversehrten Tibia die genaue Länge der anderen mit Nägeln versehenen zu bekommen, schlug fehl, weil die Amputation zum Tode der Versuchsthiere führte. Ich habe den Versuch deshalb nicht weiter wiederholt, weil mir aus dem ganzen Hergange ersichtlich wurde, dass der Eingriff zu gewaltsam war, und dass sich nicht erwarten liess, dass trotz aller Vorsicht bei diesen jungen schwachen Thieren ein günstiger Verlauf einmal eintreten könnte.

Trotzdem sind jene beiden Versuchsthiere für die ganze Untersuchung nicht verloren gewesen. Denn wenn ich auch darauf verzichten muss, mit den betreffenden Tibien ein und desselben Thieres das genaue Mass der Knochenlänge zur Zeit des Experimentes und auch nach vollendetem Wachsthum zu besitzen, so sind sie dennoch ein brauchbares Material für

die annähernd genaue Bestimmung der gesuchten Zahl, wie ich im Folgenden zu beweisen hoffe.

Ich habe nämlich jedesmal zum Experiment einen Wurf junger Kaninchen genommen. Bekanntlich sind diese zusammengehörigen Thiere meist von gleicher Grösse und sind also ihre Knochen annähernd gleich lang. Diese in meinem Falle nach blossem Augenmass als gleich erachtete Körpergrösse wurde auch durch die Messungen über dem Fell bestätigt. Diese Messungen, die zwar zeigten, dass Längendifferenzen der verschiedenen Tibien vorhanden waren, sollen allein nicht beweisführend für die obige Behauptung sein, wenngleich man so kleine Unterschiede noch in den Bereich der Fehlerquellen rechnen dürfte. Denn es kommt für sie noch folgender Thatbestand stützend hinzu. An den unmittelbar nach einander amputirten Tibien zweier Thiere nämlich konnte ich sofort constatiren, dass sowohl meine Schätzung und Annahme der gleichen Grösse sowie auch meine Messung über dem Fell genaue Resultate geliefert hatte. Denn am sogleich präparirten Knochen zeigte sich noch deutlicher, dass die Tibien beider Thiere als gleich gross anzusehen waren; die eine mass 81 Mm., die andere mass 80 Mm. Da nun an zwei Thieren der Beweis für meine obige Annahme geliefert ist, so halte ich es für unbedenklich, ihn auch für die anderen Thiere desselben Wurfes als geführt anzusehen.

So glaube ich denn mit den Tibien der amputirten Kaninchen das absolute Längenmass der Tibia zur Zeit des Experimentes zu besitzen. Ich nehme von den beiden Zahlen die grössere, also 81 Mm an.

Von den übrigen zum nämlichen Wurfe gehörigen Thieren besass eines eine Tibia, deren Länge über dem Fell zu 83 Mm. gemessen war, also genau gleich lang denen der amputirten (85 und 87 Mm. über dem Fell gemessen) zu setzen ist.

Nach 6 Monaten zeigte das getödtete Thier eine Tibia von 110 Mm., mithin hat die Länge derselben unzweifelhaft um 29 Mm. zugenommen.

Aus dem Gesagten geht also zur Genüge hervor, dass

der Röhrenknochen des kleineren Säugethieres nicht durch Expansion seine Längenzunahme gewinnt, und es bleibt mir nichts übrig, als für das doch unleugbare Wachsthum des Knochens die andere Theorie anzunehmen, die allein sich mit Resultaten der Experimente vereinigen lässt: die Theorie der Apposition und Resorption.

Sie erklärt es, das keine Distanzvermehrung der Nägelweiten auftreten konnte, eben weil keine Expansion vorhanden war, die Längenzunahme erhält der Knochen lediglich durch die appositionelle Thätigkeit des Intermediärknorpels, sowie er die Wahrung seiner typischen Form den bestimmt erfolgenden Resorptionen verdankt. Auf welche Weise und an welchen Stellen diese letzteren vor sich gehen, ist am genauesten in der oben citirten Arbeit Köllikers zu ersehen. Ich werde jedoch noch am Ende meiner Arbeit auf diese Frage zurückkommen.

Meine Duhamel'schen Versuche haben also ein negatives Resultat gegeben; doch steht dieses nicht allein.

Wegner[1]) Lieberkühn[2]) und Maas[3]) haben die Unmöglichkeit eines Expansionswachsthums gleich schlagend dargethan; sie haben erstens alle unveränderte Nägelzwischenweiten bei constatirt zugenommenem Längenwachsthum gefunden, ebenso haben sie alle die Wichtigkeit der Intermediärscheibe erkannt, und hat Jeder von ihnen nach seiner Weise und doch in Uebereinstimmung mit den Resultaten der Anderen ihre appositionelle Thätigkeit bewiesen und zweitens haben sie auch für das Dickenwachsthum Apposition und Resorption als nothwendig und wirklich vorhanden bewiesen.

Diesen Entscheidungen glaube ich nach dem Ergebnisse meiner Versuche mich anschliessen zu müssen.

Man hat die vollständige Widerlegung der einen oder der anderen Theorie bis jetzt allgemein anstandslos auf Grund dieser Duhamel'schen Versuche geben zu können geglaubt, die für

1) Virchow's Archiv Bd. 61. H. 1.

2) Zur Lehre vom Knochenwachsthum von Lieberkühn (Vortrag gehalten am 6. März 1872.)

3) Zur Frage über das Knochenwachsthum von Dr. H. Maas.

fundamentale galten und deren Werth zur Beantwortung der Frage nur durch die jeweilige Art des Experimentes bald mehr bald minder gewichtig in die Wagschale fiel. Die genannten Wegner, Lieberkühn und Maas haben sich daher auch nicht enthalten, darauf hin die Expansion nicht nur für den Thierknochen, sondern überall für unmöglich zu erklären, und in der That scheint mir, dass man höchstens auf Grund pathologischer Anschauungen, die doch ihrer Natur nach vieldeutige Vorgänge betreffen, die Beweiskraft der von ihnen ausgeführten Versuche in Zweifel ziehen könnte.

Der einzige, so viel ich weiss, ist J. Wolff, der gestützt auf eine grosse Anzahl von Beobachtungen und Experimenten das Wachsthum durch Expansion für den fertigen Knochen dennoch in Anspruch nehmen zu müssen glaubt und selbst die Möglichkeit eines theilweisen Appositions- und Resorptionswachsthums ausgeschlossen zu sehen wünscht. Er urtheilt so, weil er aus 1. der rein anatomischen Betrachtung der inneren Architectur der Knochen als auch 2. der Betrachtung der physiologischen oder mathematischen Bedeutung dieser Architectur die Unhaltbarkeit der Appositionstheorie [1]) erwiesen glaubte.

In der Berliner klinischen Wochenschrift übergab J. Wolff die Resultate seiner Duhamel'schen Versuche und Messungen der Oeffentlichkeit. Seine Versuchsgegenstände sind kleinere Säugethiere. Er stützt seine Expansionstheorie bei Thieren als experimentell nachgewiesen 1. auf den Duhamel'schen Nagel- und Ringversuch und 2. auf die nur von ihm gefundenen Wachsthumshemmungen durch Diaphysenspangen.

J. Wolff hat nun hinsichtlich des Längenwachsthums keineswegs regelmässig ein Auseinanderweichen der Stifte bekommen, sodann, was die Distanzvermehrung zwischen den beiden Nägeln anlangt, eine solche um 0·5; 1·0; 1·5; in einem Falle um 2·5 Mm. am Röhrenknochen vom Kaninchen, bei einem Hunde einmal sogar um 5 Mm., und neuerdings gar an der Scapula vom Kaninchen eine Entfernungszunahme bis zu 9 Mm. beobachtet [2]).

1) Virchow's Archiv Bd. 61. H. 4.

2) Berliner klinische Wochenschrift 1875. Nr. 7.

Was den um 5 Mm. vermehrten Abstand an der Hundetibia anlangt, so meint J. Wolff, dass hier ein Irrthum von 1 bis 2 Mm. als möglich zugestanden werden muss[1]). Es bleibt also auch diese Vermehrung in dem Werthe der oben angeführten 2·5 Mm.

Aus diesen Zahlenangaben lässt sich nur das folgern, dass das Expansions-Wachsthum bei besagten Thieren nur in höchst untergeordneter Bedeutung vorhanden gewesen ist.

Nun aber ist, wenn man meine Zahlenwerthe des wachsenden Thierknochens mit J. Wolff's Ausschlägen vergleicht, ersichtlich, dass in jedem Falle (ausgenommen den Expansionsantheil verschwindend klein gerechnet), auch noch wenn Apposition zu Expansion = 3:1 bestimmt, ganz andere d. h. grössere Vermehrungswerthe hätten herauskommen müssen, als die, welche J. Wolff gefunden hat. Diese kleinen Zahlenwerthe lassen sich ferner auch nicht mit der Behauptung J. Wolff's vereinbaren, nach welcher die bekannte Thatsache der vermehrten Längenzunahme der Röhrenknochen kleiner Thiere in der Nähe der Epiphysenlinien durch sehr vermehrte Energie des expansiven Wachsthums der dem Epiphysenknorpel zunächst gelegenen Knochenschichten der Diaphyse zu erklären sei[2]).

Angenommen nun, es seien junge Thiere, z. B. 4wöchentliche benutzt, so ist die Tibia eines solchen Thieres (Kaninchen) nach meinen Messungen 50·0 bis 55·0 Mm. lang. Hat das Thier nach dem Experiment dann hinreichend lange gelebt, so wird die Länge der Tibia sich zu 117·0 bis 120·0 Mm. entwickelt haben; der Knochen ist dann um 67 Mm. gewachsen, ist also über noch einmal so lang geworden. Hat nun J. Wolff die Nägel an den Diaphysenenden beiderseits angebracht, und wächst der Knochen zur Hälfte expansiv und zur Hälfte appositionell in die Länge, so muss der Ausschlag für Expansion 33·5 Mm. ausmachen. Wächst der Knochen $^3/_4$ appositionell und $^1/_4$ expansiv, so würde der Ausschlag für

1) Berliner klinische Wochenschrift 1875 No. 7.

2) Ebendaselbst.

Expansion 16·75 Mm., 50·25 Mm. für die Apposition betragen. Hätte die Gesammtzunahme des Knochens, wie in dem einen Falle von mir, 29 Mm. betragen, so würde sich $^1/_2$ Expansion zu $^1/_2$ Apposition der Ausschlag mit 14·5 Mm.; bei $^3/_4$ Apposition zu $^1/_4$ Expansion mit 7·25 Mm. beziffern.

Hätte die Tibia dagegen, wie in einem anderen von mir constatirten Falle zu Zeit des Experimentes 55.0 Mm. betragen, nach vollendetem Wachsthum dann 110.0 Mm., so würden sich die Ziffern folgendermassen ergeben:

$^1/_2$ App. zu $^1/_2$ Exp. = 27·6 Mm. zu 27·6 Mm.

$^3/_4$ App. zu $^1/_4$ Exp. = 41·25 Mm. zu 13·75 Mm.

J. Wolff's Ausschlagziffer ist im Durchschnitt 2.5 Mm., das würde dann soviel heissen, dass bei Längenzunahme von 55·0 Mm. auf 110·0 Mm. der Ausschlag, der in Folge der Expansion geschähe, $^1/_{22}$ zu $^{21}/_{22}$ Apposition zu berechnen wäre.

Wenn ich die kleinen, nicht einmal regelmässig beobachteten Ausschläge von J. Wolff mit den Ergebnissen der Experimente von Lieberkühn,[1]) Wegner, Maas und mir vergleiche, so finde ich mich gedrängt, dieselben einfach auf Messungsfehler zu beziehen, nach Analogie der 5 Mm. betragenden Distanzzunahme an der Hundetibia (S. 312), zumal auch Lieberkühn gezeigt hat, auf welche Weise bei diesem Experiment Fehler sich leicht einschleichen können, deren Folgen sich meist in genannten Ziffern als Ausschläge präsentiren.

Was nun J. Wolff's Ergebnisse hinsichtlich des Längswachsthums betrifft, die er mit Längsspangen, Dräthen, die er, an beiden Enden rechtwinklig gebogen, in die Diaphyse eindrückte, erzielte, so hat er folgendes beobachtet:

Thatsächlich sprechen zwei Präparate in sehr auffälliger Weise gegen die Apposition und für die sehr vermehrte Energie des expansiven Wachsthums der Diaphysenenden, und zwar ein Präparat mit den Duhamel'schen Stiften, und ein zweites Präparat mit einer an beiden Enden rechtwinkling umgebogenen Drahtspange, die eine bedeutende Verkrümmung des Knochens zu Wege gebracht hat, obwohl beide Drahtenden in der Diaphyse

1) Lieberkühn, Sitzungsvortrag S. 42 und 43.

stecken, und obwohl das Präparat ausser eben der einfachen Verbiegung keine Spur pathologischer Störungen zeigt [1]).

Ferner hat J. Wolff an einer Reihe von Präparaten als Wirkung und sicheren Beweis der Wachsthumshemmung, die durch Diaphysenlängsdräthe zu Wege gebracht worden, eigenthümliche Zerrungsfurchen oberhalb und unterhalb der Dräthe gesehen [2]). Die sogenannten Zerrungsfurchen laufen längs einer Knochenleiste, die genau in der vertikalen Verlängerungslinie des Drathes sich vorfindet, und zwar häufig sowohl nach oben als nach unten, sind mehr oder weniger tief und von einer Länge bis zu 4 Mm.

Aus diesen Zerrungsfurchen schliesst nun J. Wolff, dass hier das Wachsthum gehemmt sei, dass — mit anderen Worten — an den betreffenden Präparaten Kraft und Widerstand einander entgegengewirkt haben, und dass mithin innerhalb der Diaphyse eine Expansion in die Länge stattgefunden habe [3]).

Auch bei diesen letzteren positiven Beweisen des expansiven Wachsthums muss sofort wieder derselbe geringfügige Ausschlag, den J. Wolff bekommen hat, in die Augen springen. Denn meiner Meinung nach müssen auch bei den Versuchen mit Diaphysenspangen und Diaphysenlängsringen bedeutend grössere Messungswerthe herauskommen, als er sie auch bei dem Duhamel'schen Nagelversuch zu geben im Stande gewesen ist.

Ich glaube, dass, wenn man in die Diaphyse einer Tibia z. B., die zur Zeit des Experimentes die Hälfte der ausgewachsenen Länge zeigt, eine Diaphysenspange nach J. Wolff'scher Methode einfügt, falls der Knochen durch Expansion wächst, eine ganz bedeutende Verkrümmung, wenn nicht, vorausgesetzt, die Spange hält die Dehnung aus, eine vollständig deutliche Winkelstellung oder Knickung die Folge sein müsste. Etwas dem entsprechendes, denke ich mir, muss bei den Diaphysenlängsringen sich ereignen. Und zwar müsste richtiger Weise

---

1) Berliner klinische Wochenschrift 1875. Nr. 8.

2) Ebendaselbst Nr. 7.

3) Ebendaselbst.

von dem oberen Loche resp. Löchern, durch welche der Draht geht, in mehr oder minder genauer Richtung nach dem unteren eine sehr deutliche Einkerbung, oder wenn man es so nennen will, Zerrungsfurche entstehen; es müsste direct aus den Bohrlöchern ein Sulcus sich finden lassen, dessen Weite von der Dicke des Drahtes abhängig sein würde und an dessen Tiefe die Dauer und Intensität der eventuellen Expansion gemessen werden könnte. Ein solcher Befund würde eher für die Thatsache sprechen, dass es sich hier um „Kraft und Widerstand" gehandelt hätte. Nun ist dem aber bei J. Wolff's Präparaten nicht so; bei ihnen findet sich genau in der vertikalen Verlängerungslinie des Drathes kein Sulcus, sondern eine Knochenleiste, genau von der Breite des Drathes, und neben dieser Leiste zu beiden Seiten finden sich die Zerrungsfurchen. Dieser Befund spricht nicht im mindesten für Expansion. Die Knochenleiste ist eine nebensächliche Erscheinung, nur Neubildung und Folge des Reizes des fest auf dem Knochen oder vielmehr auf dem Periost aufliegenden Längsdrahtes. Dass sie jedenfalls durch den Draht verursacht ist, dafür spricht noch der Umstand, dass sie sich nur eine Strecke weit von oben und von unten zur Mitte hin ausgebildet hat. Denn die Stelle, wo der Drath am festesten aufgelegen hat, befindet sich an den Bohrlöchern; wo er lockerer, nämlich in der Mitte, fehlt die Leiste und fehlen ebenso die Zerrungsfurchen. Dass sich nun neben der Leiste Vertiefungen bilden, ist nicht wunderbar und sind dieselben nur als Folgeerscheinung der Leiste zu erklären, mithin gar nicht beweisend für eine stattgefundene Expansion.

Wie tief und wie deutlich diese Furchen waren, erwähnt J. Wolff nicht. Doch sagt er, dass dieselben am auffälligsten an solchen Präparaten waren, bei denen er einen Längsdraht mit dem einen Ende in die Diaphyse, mit dem anderen in die Epiphyse gesteckt hatte[1]).

Dies letztere ist sehr glaubhaft, und in diesem Falle, wo die Epiphyse mit in das Spiel kommt, werden auch ohne Zweifel Zerrungsfurchen vorhanden gewesen sein, wie ich sie gefor-

---

1) Berliner klinische Wochenschrift 1875. Nr. 8.

dert hatte; denn hier wird ein Zug ausgeübt, der sie hervorbringen kann, wenn auch aus anderer Ursache.

Hinsichtlich des Dickenwachsthums nun, so glaubt J. Wolff auf seine Experimente gestützt auch hier entschieden das Expansiv-Wachsthum als bestehend annehmen zu müssen. Die Erscheinungen, die er in den darauf bezüglichen Versuchen beobachtet hat, sind seiner Meinung nach durchaus nicht mit der Appositions- und Resorptionstheorie zu erklären.

J. Wolff hat gefunden, dass solche Ringe, von welchen man bisher annahm, dass sie in Folge der Apposition an der periostalen und der Resorption von der medullaren Fläche des Knochens in die Markhöhle hineinwanderten, keineswegs ein solches einfaches Hineinwandern erfahren, dass sie vielmehr zunächst fast in allen Fällen eine Einbiegung der durch den Ring in ihrer Expansion gehinderten Knochenpartie zu Wege bringen[1].

Und zwar hat J. Wolff beobachtet, dass es sowohl auf die Dicke der Dräthe wie der Knochen ankomme, ob die Einbiegung eine plötzliche oder mehr allmähliche sein wird. Die Einbiegungen hat er an mehr als einem Dutzend von Präparaten in den verschiedensten und zierlichsten Formen an verschiedenen Knochen verschiedener Thiere gesehen.

Besonders hebt er ein Präparat einer Kaninchentibia hervor, an welcher sich eine vollkommene Einwachsung des Ringes zeigte, bei welcher trotz derselben der Ring sich nicht im geringsten der ihm gegenüber überall eingeengten Markhöhle genähert hat. Mikroskopisch fand J. Wolff sodann noch, dass sich an der betreffenden Einbiegungsstelle die Havers'schen Canäle eingebogen zeigten, ohne in ihrer Continuität unterbrochen zu sein.

Solche Präparate nun nach der Appositionstheorie erklären zu wollen, schien ihm schlechterdings eine Unmöglichkeit zu sein. Interessant wäre es auch hier wieder zu wissen, wie tief die erwähnten Einkerbungen waren, aber man findet nur unbestimmtere Ausdrücke wie Drahtrinne, Einbiegung.

---

1) Berliner klinische Wochenschrift 1875. Nr. 7.

Mögen die Einbiegungen nun so tief gewesen sein wie sie wollen; jedenfalls sind sie zum Theil im Knochen versteckt und von Knochen bedeckt gewesen. Waren sie sehr oberflächlich, sogen. Einbiegungen, so möchte ich sie so wie Wegner erklären, dass an der betreffenden Stelle das Periost ausser Function gesetzt war und deshalb im Bereich des Drahtes keine neue Knochensubstanz angesetzt werden konnte. Der Umstand dann, dass die Havers'schen Canäle eingebogen waren, wird ohne Zweifel darauf beruhen, dass die verhältnissmässig sehr weiche äusserste Corticalsubstanz durch zu festes Umschnüren des Ringes zusammengedrückt wurde und so natürlich auch die Havers'schen Canäle eingebogen wurden. Diese Deutung kann nicht befremden, wenn man sich von der sehr grossen Weichheit des wachsenden Kaninchenknochens hinlänglich überzeugt hat. Ich habe oben bei der Beschreibung meiner Experimente den Ausdruck gebraucht, dass ich die Nägel in den Knochen „eingedrückt" hätte; dies war in der That so, ich habe bei 4wöchentlichen Thieren fein zugespitzte Stiftchen ohne Köpfchen nur mit Hülfe einer sehr feinen Zange, um die hinreichend kleinen Stifte fassen zu können, mit Leichtigkeit in den Knochen eingedrückt, ohne vorher vorzubohren. Dass auf diese Weise die Einbiegung des Knochens durch den Duhamel'schen Ring, wenn nur der Versuch richtig angestellt wird — d. h. wenn hinreichend jungen Thieren ein Draht, so fest wie möglich, um den Knochen gelegt wird und dann das Thier nicht bis zum vollendeten Wachsthum leben bleibt — in jedem einzelnen Falle gelingt, ist wieder sehr glaubhaft, nur ist dieser Befund durchaus kein positiver Beweis des expansiven Wachsthums.

J. Wolff hat aber auch mehrmals Einwachsungen des subperiostal umgelegten Drahtringes gefunden, dabei aber die oben erwähnte, der Stelle des Ringes entsprechende Auflagerung an der medullaren Fläche constant beobachtet. Er erklärt diese Erscheinung wieder so, dass die Auflagerung in Wirklichkeit keine Auflagerung, sondern die an der Expansion ebenso wie die periostale Fläche gehinderte medullare Fläche des Knochens sei. Den Beweis dafür findet er darin, dass die eingebogene Partiè (Auflagerung an der med. Fläche) ein voll-

kommen homogenes Aussehen mit den normalen Knochenpartien hat. Man sieht die Havers'schen Kanälchen direct aus den geraden Knochenpartien sich in die eingebogene Partie hinein- und an der anderen Seite wieder hinausbiegen [1]).

Diese Einbiegungen sind nur von J. Wolff gesehen. Eine Einbiegung der Havers'schen Kanäle an solchen Stellen, welche J. Wolff angiebt, konnte H. Maas bei vielfacher Untersuchung, bei der er besonders auf diesen Punkt seine Aufmerksamkeit richtete, nicht constatiren; ebenso wenig wie Philipeaux und Vulpian, welche nach dieser Richtung die Flourens'schen Präparate untersuchten [2]).

Uebrigens stehe ich nicht an zu erklären, dass J. Wolff insofern Recht hatte, wenn er in dieser, von den Anhängern der Appositionstheorie Auflagerung genannten, Knochenpartie in der Markhöhle nur die ursprüngliche, am Expandiren gehinderte medullare Fläche des Knochens sehen will, weil ich der Ueberzeugung bin, dass durch sehr festes Umschnüren, wie es J. Wolff nach eigener Aussage gethan hat, nicht nur die Einbiegung der sehr weichen Corticalis, sondern auch noch eine Einbiegung der medullaren Region in die Markhöhle hinein zu zu Wege gebracht werden kann. Alsdann können die Havers'schen Kanäle alle die Biegungen machen, können alle Bedingungen erfüllt sein, die J. Wolff wünscht; und doch bedeuten sie kein expansives Wachsthum.

Soll diese Erklärung nicht gelten, so wäre man gezwungen die Deutung anzunehmen, die J. Wolff selbst angiebt, und die ihm von den Anhängern der Appositionstheorie zugegeben werden könnte: der Ring könnte nämlich da, wo er liegt, die Veranlassung abgeben, dass die Resorption ihm gegenüber an der Markhöhlenfläche in irgend einer Weise gehindert wäre. Dann wäre die eingebogene Stelle der unverändert gebliebene Knochen, während die oberhalb und unterhalb des Ringes gelegenen Knochenpartien durch Resorption geschwunden und durch Apposition von aussen her wieder ersetzt wären [3]).

---

1) Berliner klinische Wochenschrift 1875. Nr. 8.

2) H. Maas, Zur Frage über das Knochenwachsthum.

3) Berliner klinische Wochenschrift 1875. Nr. 8.

J. Wolff weist diesen sich selbst gemachten Einwand aus dem Grunde zurück, dass erstens der Ring unmöglich so weit hin wirksam werden könnte, und dass zweitens dann die Havers'schen Kanäle keine Einbiegung zeigen dürften; sie müssten vielmehr in der eingebogenen Stelle geradlinig verlaufen, und an beiden Enden abgebrochen erscheinen. Ebenso müssten sie in demjenigen Theile der Knochenwand, der zwischen dem Ring und der Anfangsstelle der Einbiegung liegt, vollkommen geradlinig verlaufen[1]).

Von der Richtigkeit dieser beiden Behauptungen habe ich mich nicht überzeugen können und bin auch unklar darüber, wodurch die Einwachsung des Ringes überhaupt zu Stande kommen soll. Nach streng genommener Expansion kann doch der Ring gar nicht von Knochensubstanz verdeckt werden; er kann höchstens so tief zwischen die beiden Knochenwände, die sich zu den Seiten ungehindert expandiren, zu liegen kommen, dass es den Anschein hat, als sei er eingewachsen und von Knochen überdeckt. Wie kommt denn einmal die periostale Ueberdeckung des Drahtringes, die H. Maas[2]) aufs deutlichste beobachtet und beschrieben hat, zu Stande, und zweitens, wie kommt bei Expansion überhaupt der Ring z. B. in die Hirnhöhle, der subperiostal um den Schädel gelegt war? Ein Bedenken, auf welches Lieberkühn[3]) sehr richtig aufmerksam gemacht hat.

Alle diese Bedenken können nur bei Annahme der Apposition und Resorption schwinden.

Dies geben denn auch jetzt fast sämmtliche Forscher zu und neuerdings noch hat Steudener[4]) Resultate auf mikroskopischem Wege bekommen, welche zum grossen Theile gegen Strelzoff zeugen, wenn sie auch manches bestätigen, und ihn zu folgender Aussage veranlassen:

„Demnach halte ich mich gegenüber der neuerdings aufge-

1) Berliner klinische Wochenschrift 1875. Nr. 8.

2) In der citirten Schrift.

3) Lieberkühn a. a. O.

4) Steudener, Beiträge zu der Lehre von der Knochenentwickelung und dem Knochenwachsthume, Halle 1875.

stellten Theorie des ausschliesslichen oder theilweisen interstitiellen Knochenwachsthums mit Rücksicht darauf, dass während des ganzen Verlaufes der embryonalen Entwicklung eine Knochenexpansion nicht stattfindet, oder wenigstens ein sicheres Kennzeichen derselben bisher nicht nachgewiesen ist, zu dem Schlusse berechtigt, dass auch das postembryonale Knochenwachsthum bis zu seinem definitiven Abschluss genau nach denselben Gesetzen wie das embryonale vor sich geht[1])".

Soviel über die experimentelle Seite dieser wichtigen Frage.

Schliesst man nun die Expansion beim Wachsthum der Knochen vollständig aus und nimmt man nur die Appositions- und Resorptionstheorie in Anspruch, so ist es nothwendig, die für letztere Theorie besonders wichtigen Resorptionen ausser Zweifel zu stellen. Nach der heutigen Auffassung gehören zur Knochenresorption zwei Dinge, erstens Howship'sche Lakunen und zweitens Riesenzellen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass überall, wo diese beiden Bildungen vorkommen, auch ein Schwinden der Knochen- und Zahnsubstanz sich findet[2]). Die so beschaffenen Resorptionsflächen an den wachsenden Knochen gefunden und zuerst beim Kalbe an allen Knochen beschrieben zu haben, ist das Verdienst von Kölliker[3]). Zu denselben Resultaten sind auch Wegner[4]) und Steudener[5]) gekommen; alle drei Forscher haben auf mikroskopischem Wege die Ueberzeugung gewonnen, dass die Ostoklasten die Urheber der Knochenauflösung sind und haben die Thätigkeit derselben als in der Howship'schen Lakunenbildung bestehend erkannt.

Von Strelzoff und J. Wolff sind sie immer als unauffindbar geläugnet.

---

1) Steudener, Beiträge zu der Lehre von der Knochenentwickelung und dem Knochenwachsthume, Halle 1875.

2) Kölliker, Die normale Resorpt. u. s. w. S. 28.

3) Ebendaselbst.

4) Wegner, Myeloplaxen und Knochenresorption in Virchow's Archiv Bd. 56.

5) Steudener a. a. O. S. 27.

In der That aber sind sie nach Kölliker's Angaben leicht zu finden, und ich habe dieselben am wachsenden Knochen des Kalbes und Kaninchens auf das deutlichste an den von ihm angegebenen Stellen wiedergefunden. Ganz besonders ist es mir gelungen, als ich auf den Rath meines hochverehrten Lehrers des Hrn. Prof. W. Krause den jungen Vogelschädel auf diese Frage hin untersuchte, mich von der intracraniellen Resorption sowohl wie von der subpericraniellen Apposition mikroskopisch auf das deutlichste zu überzeugen. Denn es ist mir stets möglich gewesen, sowohl die Riesenzellen in situ d. h. in den Howship'schen Lacunen zu finden, als mich überhaupt durch das constante Vorkommen derselben an der inneren Schädelfläche zu vergewissern, dass ihr Vorkommen nicht etwas zufälliges sein konnte. Denn so constant, wie ich sie an der erwähnten Stelle finden konnte, ebenso constant vermisste ich sie subpericraniell; es sei denn, dass ich eine Stelle der äusseren Tafeln untersucht hatte, die zur Zeit einer äusseren Resorption unterworfen war.

Findet man die Riesenzellen an der inneren Fläche des Schädels, so liegen sie stets in Howship'schen Lacunen und dies um so sicherer, als die Dura bei jungen Thieren fest an dem Schädel haftet. Die Lacunen unterscheiden sich von denen bei Säugethieren gar nicht; es sind wie dort Aushöhlungen des Knochens von mannigfacher Gestaltung und so wechselnder Form, dass eine Grundform nicht angegeben werden kann, sie sind bald rundlich, bald zackig in die Knochenlamellen eingreifend. Der angenagte Knochenrand sieht dunkelrandig und meist glatt aus. Liegen die Lacunen sehr nahe neben einander, so geben sie der Lamina vitrea interna des Schädels das Aussehen, welches Henle[1]) schon vor längeren Jahren mikroskopisch an der inneren Oberfläche des Schädels des Menschen beobachtet hat und in seinem Handbuche beschreibt; und welcher mikroskopische Befund ihn zu folgendem Ausspruch hinsichtlich des Schädelwachsthums veranlasste.

„Hier bleibt uns keine Wahl, als, wie bei dem Wachsthum

1) Henle, Handbuch der systematischen Anatomie des Menschen 1. Bd. 1. Abth. S. 218 und 219.

der Röhrenknochen in die Dicke, eine mit der Resorption der inneren Knochentafel Hand in Hand gehende Auflagerung an dem äusseren Periost zu statuiren, die auch die mikroskopische Untersuchung bestätigt: an der äusseren Fläche von Knochenschliffen laufen die Lamellen in weiten Strecken ununterbrochen fort, an der inneren Fläche sind sie oft unterbrochen und in schräger Richtung abgeschnitten (Lucae.)"

Wie bedeutend und auffallend die Unterbrechung der Lamellen an der inneren Fläche (Taf. VII. B. Fig. 1 bei a) des Vogelschädels ist, sieht man am besten durch die Vergleichung mit der äusseren subpericraniellen (Fig. 1 bei b). An ersterer ist der ganze Knochenrand unter der Dura unregelmässig ausgezackt und zerklüftet, während bei letzterer der Rand zwar nicht ganz eben und gleich ist, aber doch in ziemlich gerader Richtung sich unter dem Pericranium ohne Unterbrechung hinzieht. Die Dura ist fest mit dem Knochen verwachsen; der ganze Rand des Knochens unter ihr ist unregelmässig zerklüftet und ausgenagt, mit mehr oder minder tiefen Einbuchtungen versehen (Fig. 4 a). Hier und da findet sich oberhalb der Knocheneinbuchtung eine Riesenzelle (Fig. 1 und 2). An der Aussenseite (Fig. 3 a) dagegen zeigt sich das Pericranium in straffen Zügen über einer fast vollkommen glatten Oberfläche der Lamina vitrea externa hinweggehend. Leichte Unebenheiten lassen sich auch an dieser Linie wahrnehmen, jedoch keine Spur von den oben geschilderten Lacunen. Man könnte noch einen Unterschied in dem Aussehen der Knochensubstanz herausfinden; und zwar macht sich ungefähr von der Mitte derselben ein verschiedenes Ansehen des Knochens geltend; ich glaube, dass von da nach dem Pericranium hin neue Knochensubstanz apponirt ist, während nach unten zu die alte Knochensubstanz sich findet. Der Unterschied liegt, wenn ich mich nicht täusche, darin, dass die Knochenkörperchen in der unter dem Pericranium liegenden Knochenpartie dichter stehen als in der unteren.

Was nun die Zellen anlangt, die in den oben geschilderten Grübchen liegen, so sind es die nämlichen vielkernigen Zellen, die zuerst von Robin (Myeloplaxes) und Kölliker (Ostoklasten) beschrieben sind. Sie weichen beim Vogelschädel von

den bei anderen Thieren gefundenen dadurch ab, dass sie nicht platt und nicht von rundlicher oder ovaler Form sind, sondern sie gleichen den Formen, die Kölliker birnförmig nennt und mit Ausläufern oder Fortsätzen versehen beschreibt. Sie machen bei schwacher Vergrösserung (Fig. 1) durchaus den Eindruck einer auf der Kante stehenden Epithelzelle; bei starker Vergrösserung dagegen (Fig. 2) sehen die Zellen spindelförmig aus; man unterscheidet den dickeren Zellenleib und seine zwei Fortsätze. Der Zellenleib ist granulirt und mit kleinen Kernen angefüllt. Die Kerne sind im Verhältniss nicht so gross und hervortretend gegen das Protoplasma, wie dies bei Säugethieren der Fall ist. Die Gestalt dieser Zellen beim Vogel ist im Ganzen weniger wechselnd als beim Säugethier.

Woraus die Riesenzellen entstehen, woher sie stammen, ist noch nicht entschieden. Kölliker lässt die Ostoklasten aus den Osteoblasten hervorgehen; Wegner lässt sie von den Adventitialzellen der Blutgefässe herstammen. Welche von diesen beiden Ansichten die richtige ist, habe ich nicht zu entscheiden.

Ob nun die Riesenzellen in der That die Auflösung des Knochens bewirken, ist noch nicht direct bewiesen, wenn auch ihr constantes Vorkommen die Vermuthung sehr wahrscheinlich macht. Wie sie erstere zu Wege bringen könnten, ist durch die folgenden Hypothesen auch noch nicht klargelegt. Sie färben sich mit neutralem Lackmuspulver violett (Rustizky) und können daher eine Säure secerniren.

Kölliker sagt, dass es ihm aufgefallen sei, dass Chinolinblau, welches die Zellenkörper der Ostoklasten schön blau färbt, die Kerne nicht zu tingiren scheint, und man erinnere sich hierbei an die Entfärbung von Chinolinblau durch Säuren[1]. Was mit einer Säure, die doch nur aus Blutbestandtheilen durch die Thätigkeit der Zellen abgespalten und in ihnen zurückgehalten sein kann (möglicherweise Milchsäure), im Gegensatz zu den unorganischen Salzen des Knochens gewonnen ist, erscheint sehr fraglich.

---

1) Kölliker a. a. O. S. 28.

Ferner ist noch zu beachten, dass nicht jede vielkernige Zelle einer Riesenzelle, d. h. einer Zelle, deren Thätigkeit es ist, da wo sie vorkommt, das normale Gewebe aufzulösen, gleich gesetzt werden darf. Hierfür spricht die Thatsache, dass es gelungen sei, sog. Riesenzellen künstlich herzustellen, und ferner die bekannte Thatsache, dass die weissen Blutkörperchen (die richtiger graue genannt würden) eine grosse Neigung haben, nicht nur freischwimmende Kerne und andere Partikelchen, sondern auch rothe Blutkörperchen in sich aufzunehmen (Blutkörperchenhaltige Zellen).

Auf das Vorkommen der Riesenzellen bei pathologischen Vorgängen habe ich hier ebenfalls nicht einzugehen; nur möchte ich mir die Bemerkung erlauben, dass bei diesen Vorgängen wohl öfter eine Riesenzelle gesehen wird, als sie in Wirklichkeit vorhanden ist.

Zum Schlusse möchte ich noch ganz kurz meine makroskopischen Präparate besprechen.

Man sieht nämlich an den Resorptionsflächen (Fig. 5) der Knochen zwei Zonen, die sich wesentlich von einander unterscheiden. Die eine, die obere, d. h. nach der Intermediärscheibe zu, ist rauh und uneben, während die untere zwar glatt aber glanzlos ist, wodurch man ihre Grenze gegen die Diaphyse leicht erkennen kann. Ich habe geglaubt, auf diese Erscheinung aufmerksam machen zu müssen, weil ich sie constant an jeder noch wachsenden Kaninchentibia und zwar immer an derselben Stelle in der gleichen Ausdehnung unverkennbar habe wiederfinden können, während sie an alten und ausgewachsenen Knochen durchaus fehlen.

Man kann sich an derartigen Präparaten überzeugen, dass sowohl die ersteren wie die letzteren Partien immer dieselben Stellen innehalten. Deutlich lässt sich erkennen, dass in gerader Verlängerung der Tub. tibiae nach unten zwei Resorptions-Zonen längs der Crista tibiae verlaufen. Das gleiche Verhalten der Zonen zu einander sieht man an der betreffenden Rückseite der Tibia.

Die betreffenden ersteren Stellen zeigen schon für das blosse Auge eine rauhe, deutlich zerlöcherte und zerklüftete

Oberfläche, welche Rauhigkeit mit dem Finger deutlich gefühlt werden kann, „wie wenn mit Hohlmeisseln verschiedener Grösse und verschiedener Form tiefere und minder tiefe Grübchen in wechselnder Menge und Vertheilung aus dem Knochen ausgeschnitten worden wären“ [1]). Das Ansehen ist ganz das eines Bimssteines; lauter feine Oeffnungen und Risse zeigen sich umgeben von ebenfalls porösen Säumen. Die porösen Stellen gehen nun unmerklich in die zweite Zone über. Diese ist am Knochen matt, ohne Glanz, aber auch ohne Poren und Rauhigkeiten. Diese Partien sind nicht scharf von dem Mittelstück der Diaphyse geschieden, sondern gehen in feinen Ausläufern unmerklich in die glänzende Aussenseite des Diaphysenmittelstücks über.

Resumé.

Ich habe in der vorliegenden Arbeit erstens experimentell nachgewiesen, dass das Längswachsthum der Kaninchentibia durchaus ohne Expansion geschieht und habe zweitens makro- wie mikroskopisch den Vorgang der Apposition und Resorption an geeigneten Präparaten zu zeigen mich bemüht.

Dass die so wichtige Frage lange nicht erschöpfend behandelt ist, beweist schon der Umstand, dass ich auf die mikroskopischen Arbeiten Strelzoff's, Stieda's und J. Wolff's gar nicht eingegangen bin und die Kölliker's, Wegner's und Steudener's nur so weit, als es unumgänglich war, berührt habe.

Eine eingehende Berücksichtigung dieser Arbeiten würde aber das gegebene Maass bei weitem überschritten haben, weshalb ich auf dieselbe leider verzichten musste.

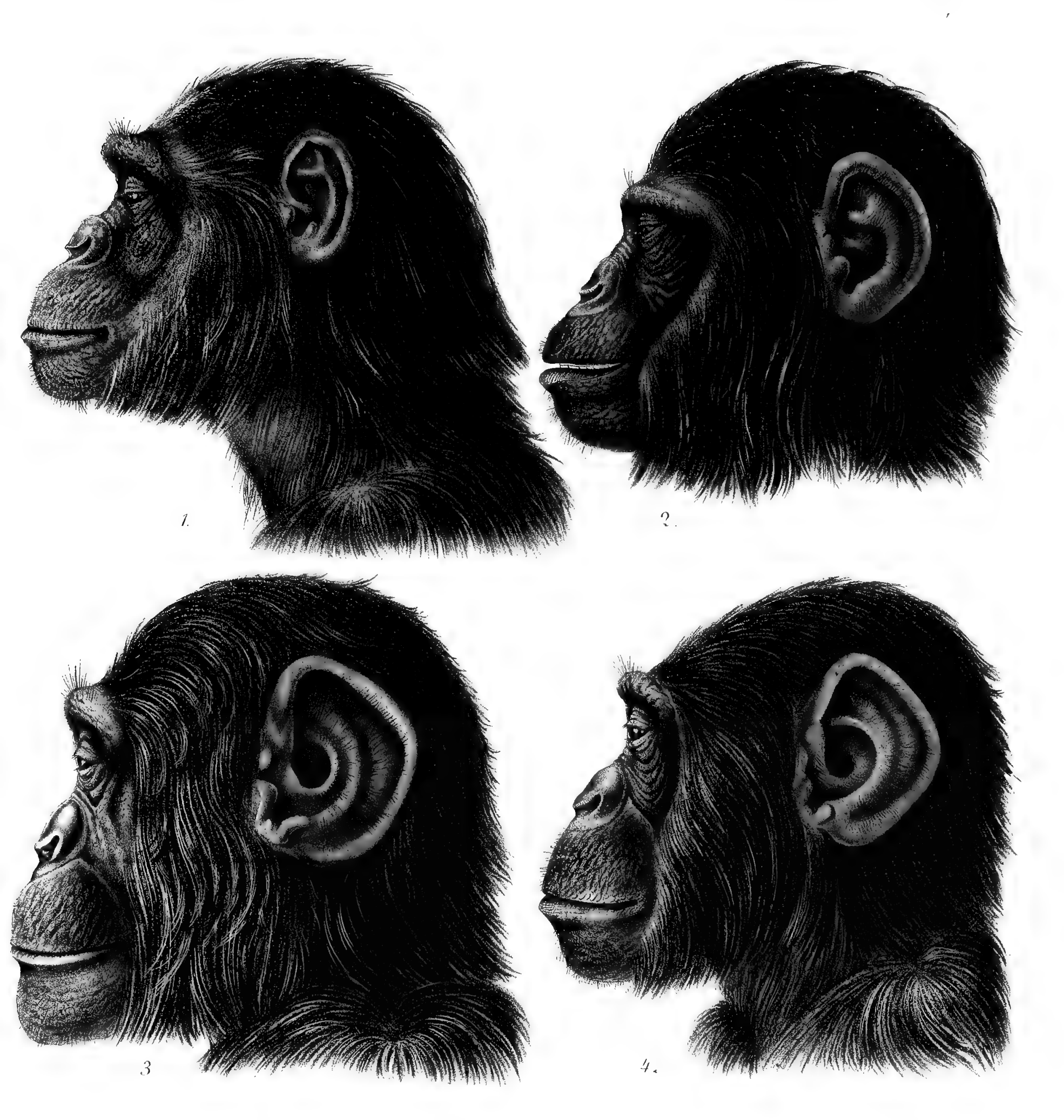
---

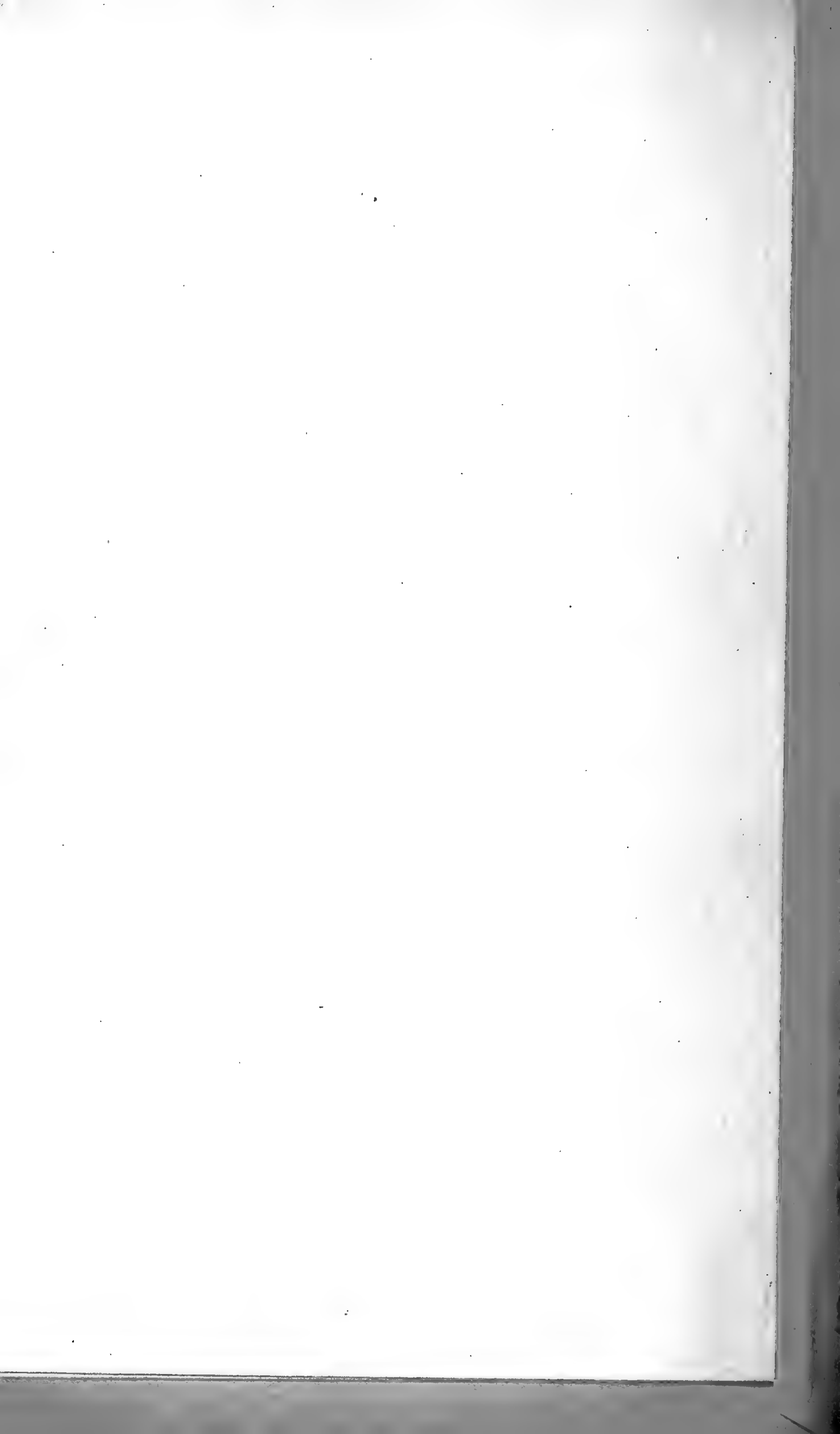
1) Kölliker, a. a. O. S. 19.

Erklärung der Tafel.

Fig. 1 bis 4 stellen senkrechte Durchschnitte durch die Schädelknochen von F. buteo dar. Fig. 1 und 2 betreffen ein ganz junges Thier. Frisch in Müller'sche Flüssigkeit gelegt, wurden die Schädel dann durch Chromsäure (1 pCt.), später durch Chlorwasserstoffsäure (5 pCt.) entkalkt, darauf in absolutem Alkohol gehärtet und die Durchschnitte mit Carmin gefärbt. Nachher Behandlung mit Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. Vergrösserung in Fig. 1, 3, 4=90; in Fig. 2=350. In diesen Figuren bedeutet: a Dura mater. b Pericranium. Zwischen ersterer und dem Knochen sieht man in Fig. 1 und 2 die Riesenzellen in situ. Denkt man sich den Zwischenraum zwischen Fig. 3 und 4 durch Knochen ausgefüllt, so repräsentiren beide Figuren zusammen einen Durchschnitt der ganzen Dicke des betreffenden Schädelknochens.

Fig. 5 und 6 stellen Unterschenkelknochen französischer Kaninchen desselben Wurfes in der Ansicht von vorn dar. Natürliche Grösse Fig. 5 von einem 6 wöchentlichen, Fig. 6 von einem 1½ jährigen Kaninchen. Erstere unmittelbar nach dem Experiment, nachdem die Unter-Extremität amputirt war; Fig. 6 nach einer über ein Jahr betragenden Zwischenzeit. Die Distanz der sichtbaren Nägelköpfe ist in beiden Figuren genau dieselbe; ihre Durchmesser sind verschieden. — Die Resorptionsflächen am oberen und unteren Ende von Fig. 5 sind dunkler gehalten.


1.
2.
3
4.



Ueber die Lage der Nieren mit besonderer Beziehung auf ihre Percussion.

Von

Ad. Pansch in Kiel.

Es mag anmassend erscheinen, über die Lage der Nieren noch etwas Neues bringen zu wollen, nachdem Luschka in seinem erst kürzlich erschienenen Werke[1]) diesen Gegenstand abermals ausführlich behandelt hat, und nachdem auch die Pathologen längst bemüht waren, auf der Oberfläche des Körpers die Grenzen festzustellen, innerhalb deren man sich eine normal grosse und normal gelagerte Niere zu denken habe. Ausserdem zeigen diese Organe eine relativ sehr gesicherte Lage, so dass von postmortalen die directe Beobachtung störenden Verlagerungen, wie sie bei anderen Organen so vielfach auftreten, hier wohl kaum die Rede sein kann.

Dennoch aber will ich es nicht unterlassen, die Resultate einer ausgedehnteren und — ich darf es wohl sagen — genauen Untersuchung über diesen Gegenstand mitzutheilen. Denn es sind die bisherigen Angaben in der topographischen Anatomie einerseits doch noch zu wenig erschöpfend, andererseits aber auch zu wenig übereinstimmend mit den Anschauungen der Pathologen und den Resultaten der physikalischen Diagnostik.[2])

Das Material, auf das ich mich stützen konnte, bestand aus einer grösseren Reihe von Leichen, die während der letz-

1) Lage der Bauchorgane. 1873. S. 31.

2) Vergl. Gerhardt's Lehrbuch der Auscultation und Percussion. Tübingen 1871, und Guttmann's Lehrbuch der klinischen Untersuchungsmethoden. 2. Aufl. 1874.

ten drei Jahre auf hiesiger Anatomie auf diesen Punkt hin genau untersucht wurden. Es sind ihrer über sechszig. Die Untersuchung wurde in der ersten Zeit nur von der Bauchhöhle aus angestellt, indem bei horizontaler Lage der Leiche und nach Entfernung des Dünndarms das oberste und unterste Ende der Nieren vorsichtig durch einen Schnitt in die Fettkapsel freigelegt und durch senkrecht eingestochene Nadeln bezeichnet wurden. Durch gewissenhafte Anlegung eines quergerichteten Lineals liess sich dann das in gleicher Höhe mit den Nieren liegende Stück der Wirbelsäule genau und sicher bestimmen.[1]) Später wurde mit Bezug auf die praktischen Bedürfnisse mehr Gewicht auf die Untersuchung vom Rücken aus gelegt, und hier (während die Leiche sich in einfacher Bauchlage befand) zunächst Haut und Fettpolster entfernt, dann die Muskeln Latissimus dorsi und Sacrospinalis, sowie der Rand des M. quadratus lumborum der Reihe nach präparirt und gemessen, und die letzten Rippen, der Darmbeinkamm und die Dornfortsätze der Wirbel freigelegt. Dann wurden die Nadeln an den Endpunkten und Rändern der Nieren senkrecht eingestochen, so dass auch hier die Lage der betreffenden Theile sicher und klar hervortreten musste. Ich glaube diese für einen gewissenhaften Anatomen selbstverständlichen Maassregeln besonders anführen zu sollen, und füge noch hinzu, dass durch solche Präparation, wenn sie nur einigermaassen sanft geschieht, die Lage der Nieren durchaus keinerlei Störungen erleiden kann. Um allen Einwürfen wegen schlechten Messens u. dgl. zu entgehn und einem Jeden die Sache demonstriren zu können, machte ich mir in letzter Zeit ausserdem noch die Mühe, mehrere der so erlangten Präparate mit der horizontalen Glasplatte und dem Diopter in geometrischer Projection genau zu zeichnen.

Die bis jetzt erlangten Resultate will ich in Folgendem mittheilen, ohne dass ich der Meinung bin, der Untersuchung dadurch einen definitiven Abschluss gegeben zu haben; im Gegentheil, ich möchte Anatomen und Pathologen zu wiederholter und genauer Prüfung auffordern. Denn, wie überall bei der

---

1) Vergl. übrigens unten S. 333; Anmerk. 2.

Beschreibung bekannterer und in grösserer Zahl vorliegender Gegenstände, kommt es auch hier schliesslich weniger darauf an, eine einzige bestimmte Form oder Lage als die „normale“ hinzustellen, sondern vielmehr die Grenzen festzusetzen, innerhalb deren sich das Organ befinden kann, ohne deshalb „anomal“ oder „pathologisch“ geformt oder gelagert genannt werden zu müssen. Wollen wir aber, wie es häufig erforderlich ist, eine bestimmte Form oder Lage herausheben oder als Abbildung vorführen, so sprechen wir hier besser von einer „mittleren“ Form oder Lage.[1])

Bei der Lagenbestimmung von vorne her kann ich mich Luschka in den meisten Punkten vollständig anschliessen. So meine ich, wird man für die „mittlere Lage“ der Nieren stets nur die Höhe des zwölften[2]) Brust- und der beiden ersten Lendenwirbel (nebst der darunter liegenden Bandscheibe), oder vom unteren Rande des elften Brustwirbels bis zum oberen Rande des dritten Lendenwirbels angeben können. — Wenn Hoffmann[3]) sagt, dass die Nieren „in der Höhe der beiden unteren Brust- und der zwei bis drei oberen Lendenwirbel“ liegen, so ist dieser Ausspruch doch nur so aufzufassen, dass dies der Raum

---

1) Welche Verwirrungen und welche verkehrte Anschauungen aus einer Verkennung dieser Begriffe entstehen, sehen wir recht deutlich beim Uterus. Die Lage desselben in der Beckenaxe, wie sie bei mässig gefüllter Blase und Mastdarm uns entgegentritt (oder nach B. Schultze an der oberen Wand der Blase), ist nur als eine der normalen Lagen anzusehen, und mag deshalb immerhin als „mittlere Lage“ schematischen oder ausgeführten Abbildungen zu Grunde gelegt werden; aber man darf nicht vergessen, und es muss stets daran erinnert werden, dass der Uterus auch noch andere normale Lagen einnehmen kann, dass er um viele Grade weiter nach vorn oder auch nach hinten gelagert sein kann, ohne deshalb im Geringsten in „anomaler“ Lage sich zu befinden.

2) In der „Anatomie des Bauches“ 1863 rechnet Luschka auch noch die untere Hälfte des 11. Brustwirbels hinzu. — Auf der Taf. 2 der „Lage der Bauchorgane“ reichen die Nieren auffallenderweise bis zum unteren Ende des dritten und fast bis zur Hälfte des vierten Bauchwirbels hinab.

3) Die Körperhöhlen und ihr Inhalt. 2. Aufl. S. 96.

ist, innerhalb dessen die Nieren bald höher, bald tiefer gelegen sind.

Nach Henke[1]) liegt die Niere „neben den beiden ersten und einem Theile des dritten Bauchwirbels bis etwa einen Zoll über dem höchsten Stande des Randes der Darmbeincrista herab.“

Nach Engel[2]) liegen die Nieren „in der Höhe des ersten bis dritten Lendenwirbels, die rechte Niere gewöhnlich etwas tiefer als die linke“. — — „Das untere Ende ist ungefähr zwei Querfinger von dem Kamme des Darmbeines entfernt.“

Was die ziemlich allgemein angenommene (auch auf Luschka's Tafel dargestellte) tiefere Stellung der rechten Niere angeht, so will sie mir durchaus kein regelmässiges, sondern nur ein häufigeres Vorkommen scheinen; ich fand zeitweise, dass bei jeder dritten Leiche die linke Niere tiefer lag. Solche Befunde können auch nicht auffallen, wenn man sich überzeugt, wie häufig überhaupt einseitig oder doppelseitig Abweichungen von der genannten „mittleren Lage“ sind. Nicht selten ist ein Hinaufrücken der genannten oberen Grenze um einen halben Wirbel, weit häufiger aber ein Hinabrücken der unteren Grenze bis um die Höhe eines Wirbels; ja es senkt sich dieselbe zuweilen noch mehr, d. i. also bis zum vierten Lendenwirbel hinab. Ausserdem werden nach beiden Richtungen hin einzelne extreme Fälle beobachtet, bei denen man sich streiten könnte, ob sie als „normal“ oder als „anomal“ zu bezeichnen sind. Dagegen muss ich von einer ganz oder theilweise im Becken, d. h. in der Fossa iliaca gelagerten Niere nach meinen Erfahrungen entschieden sagen, dass sie sich stets ausserhalb der Grenzen des Normalen befindet.

Bei einer genaueren Bestimmung der mittleren Lage ist es übrigens auch zu bedenken, dass das angeführte Stück der Wirbelsäule durchaus keine bestimmte Grösse ist, sondern seine Länge unter gewöhnlichen Verhältnissen schon zwischen 9 und 12 Cm. schwankt[3]), so dass eine etwas grössere Niere,

1) Atlas der topogr. Anatomie, Textband. S. 111.

2) Compendium der topogr. Anat. 1859. S. 381.

3) Als Mittelwerth der Länge vom oberen Rande des zwölften Brust-

wie sie von 11·5 und 12 Cm. Länge öfters gefunden wird, jene Grenzen ziemlich überschreiten muss. Eine irgend erhebliche Veränderung der Länge jenes Stückes durch Beugen oder Strecken des Rückens kommt nicht zu Stande, da die Wirbelsäule vom neunten Brustwirbel bis zum zweiten Lendenwirbel einschliesslich ein ziemlich unbewegliches Ganzes darstellt.[1])

Ob und wie weit eine tiefere Lage der rechten Niere von der Leber abhängig ist, dürfte noch sehr unentschieden sein. Hyrtl, der sich dagegen erklärt, macht darauf aufmerksam, dass die rechte Niere bei allen Säugethieren tiefer[2]) liegt und diese Lage auch beim Situs inversus behält, wo die Leber doch links liegt. Wenn Hyrtl dann bemerkt, dass bei Volumsvergrösserungen der Leber die Niere noch weiter herabgedrängt werden kann, wobei namentlich ihr oberes Ende nach aussen und unten rücke, so muss ich dem hinzufügen, dass in der That auch öfters die Niere durch Volumsvergrösserungen der Leber nicht dislocirt erscheint. Es wird mir das durch mehrere eigene Sägeschnitte bewiesen und ausserdem durch Abbildungen[3]) bestätigt, wo die Leber sich fast über die ganze Niere hinweggelagert hat. Ich halte es nicht für überflüssig, an diesem Orte noch besonders hervorzuheben, dass die Leber für gewöhnlich nicht nur die oberste Spitze der Niere überlagert, sondern dass sie wohl meistens, wie auch Luschka anführt, die obere Hälfte derselben bedeckt. Die Faciecula renalis der Leber ist also kein kleiner Eindruck von der Spitze der Niere, wie man oft anzunehmen scheint, sondern je nach der Entwicklung der Fettkapsel der Niere eine bald seichtere bald tiefere breite Grube.

---

wirbels bis zum unteren Rande des zweiten Lendenwirbels fand ich an einer Reihe frischer Wirbelsäulen 9 Cm.

1) Meyer, Statik und Mechanik u. s. w. S. 215.

2) Im Text (Topogr. Anat., Aufl. 6. S. 706) steht fälschlich: „höher“. — Im Lehrbuch, 1875, S. 674 steht wieder, dass die rechte Niere „durch die voluminöse Leber mehr hinabgedrückt wird.“

3) Z. B. Rüdinger, topogr.-chirurg. Anatomie. Taf. IV. *B.* — (Luschka, a. a. O., Taf. 4, Fig. 1. — Le Gendre, Anat. chirurg. homalogr. Pl. VII.)

Von Interesse für die Percussion der lateralen Nierengrenze könnte auch die bisher noch nirgends besonders hervorgehobene Erfahrung sein, dass die schräge Lage der Queraxe der Nieren nicht nur bei verschiedenen Individuen, sondern namentlich auch auf den beiden Seiten desselben Individuums eine äusserst verschiedene sein kann (Differenz bis über 40°). In Folge davon ist also in dem einen Falle die ganze „hintere Fläche“, in dem anderen fast nur der convexe Rand dorsalwärts gerichtet, und die Nieren erscheinen bei getreuer Zeichnung von vorn oder hinten im ersten Falle sehr breit, im anderen sehr schmal.

Bei der Beurtheilung der Richtung des Querdurchmessers muss man übrigens einige Vorsicht anwenden, da die hintere, für gewöhnlich schon längere Lippe des Hilus zuweilen eine ganz ungewöhnliche Länge und Dicke erreicht und es dann, worauf schon Hyrtl aufmerksam macht, den Anschein gewinnt, als läge der Hilus stark nach vorne; ja es kommen sogar Fälle vor, in denen der Hilus schräg lateral- und vorwärts gerichtet ist. Ueberhaupt zeigt die Niere ja nach allen Richtungen hin eine sehr verschiedene Form und erscheint auf dem Querschnitt zuweilen ganz eckig.

Das obere Ende der Niere (medialer Rand) fand ich meist 0·5 — 1·0 — 1·5 Cm. von der lateralen Seite der Wirbelkörper entfernt. Es ist deshalb im Allgemeinen richtig, wenn Luschka sagt, die Nieren seien neben die betreffenden Querfortsätze gelagert; doch liegen sie auch öfters weiter medianwärts, d. h. also mit dem oberen Ende noch etwas vor den Querfortsätzen und zuweilen sogar fest neben den Wirbelkörpern.

In Hinsicht der Convergenz der Längsaxen nach oben finde ich nichts Besonderes zu bemerken. Zu der Notiz Luschka's, dass die unteren Enden — d. i. die medialen Ränder derselben — 11 Cm. von einander entfernt seien, möge noch hinzugefügt werden, dass die tiefsten Endpunkte der Nieren meist einen Abstand von 15 Cm. zeigen, also jederseits 7—8 Cm. neben der Medianebene liegen.

Um an der hinteren Seite des Körpers die Lage der Nieren zu bestimmen, muss man von anderen Skelettheilen ausgehen.

Als solche benutzt man die Reihe der Dornfortsätze, denen Darmbeinkamm und die letzte Rippe und nimmt ausserdem noch eine Marke von den Weichtheilen hinzu, nämlich den lateralen Rand des M. sacrospinalis oder die sog. seitliche Lendenfurche[1]).

Bei der Benutzung der genannten Marken hat man aber einige Vorsicht anzuwenden, denn dieselben wechseln in ihrer gegenseitigen Lage ziemlich bedeutend. Es dürfte vielleicht auch weiteres Interesse haben, diesen Punkt im Folgenden etwas näher zu erörtern. —

Die Dornfortsätze der Lendenwirbel, sobald sie nicht eine stärkere und dann leicht zu erkennende seitliche Abweichung haben, und dadurch also eine gebogene Rückenfurche bilden dürften mit genügender Genauigkeit der Medialebene entsprechen. Dagegen ist die Länge und Neigung der einzelnen Dornfortsätze eine so mannigfaltige, dass man von ihren hinteren Enden aus nur unsicher auf die Höhenlage bestimmter Wirbelkörper schliessen kann.[2]) Im Allgemeinen würde man vielleicht sagen können, dass die die oben genannte mittlere Nierenlage begrenzenden Horizontalebenen durch die Mitte oder das untere Ende des Dornfortsatzes des elften Brustwirbels und durch den unteren Theil oder das unterste Ende des Dornfortsatzes vom zweiten Lendenwirbel gehen.

Bei solchen Bestimmungen muss ferner das Resultat einigermaassen verschieden ausfallen, je nach der Lagerung und Krümmung der ganzen Wirbelsäule. Die horizontale Projection eines Punktes am Ende des Dornfortsatzes verschiebt sich auf der vorderen Fläche der Wirbelsäule schon um 2 Cm., wenn die Neigung der Wirbelsäule nur um 15° geändert wird.[3])

---

1) Den lateralen Rand des M. latissimus dorsi als Wegweiser zu benutzen, wie wohl empfohlen wurde, ist durchaus unstatthaft, denn erstens ist der Darmbeinursprung dieses Muskels sehr verschieden breit, zweitens tritt der Rand nicht deutlich genug hervor und drittens endlich liegt die Niere überhaupt nicht unter diesem Rande.

2) Einschlägige Untersuchungen sind vor einiger Zeit bereits von anderer Seite her veröffentlicht worden.

3) Es begreift sich, beiläufig gesagt, wie sehr bedeutend der Ausschlag werden muss, wenn man bei verschiedener Körperhaltung Punkte der vorderen und hinteren Körperfläche auf einander bezieht.

In Bezug auf die zwölfte Rippe ist daran zu erinnern, dass sie in Länge und Richtung ungemein variirt, obgleich sie anderseits eine ziemlich gesicherte Lage hat und von den Bewegungen der übrigen Rippen weniger beeinflusst wird. An einem anderen Orte[1]) habe ich erwähnt, dass ich sie oft genug so kurz fand, dass sie sich der Palpation an der Leiche gänzlich entzog und die Meinung ausgesprochen, dass dieses Verhalten bei genauerem Nachforschen sich als ein viel häufigeres darstellen würde, als man gewohnt ist, anzunehmen. Für den vorliegenden Gegenstand ergiebt sich also die Folgerung, dass man an der letzten tastbaren Rippe durchaus keine sichere Marke hat, es sei denn, dass man von oben herab zählend, sie als die zwölfte nachgewiesen hat.

Der Darmbeinkamm ferner, der die untere Begrenzung der Lendengegend bildet, bietet uns stets einen unverkennbaren, in dieser seitlichen Lumbalgegend fast horizontal verlaufenden Rand. Nur darf man bei der Palpation nicht vergessen, dass sich über den Knochenrand einige Weichtheile (Bauchmuskeln und Haut) hinweglegen, so dass er dadurch verdickt und erhöht erscheint.

Was endlich den M. sacrospinalis angeht, so ist derselbe zwar im Allgemeinen in dem betreffenden unteren Theil 7 Cm. breit, doch kann dieses begreiflicher Weise kein unveränderliches Maass sein. Der laterale Rand desselben verläuft leicht divergirend nach oben; die Höhe desselben vom Darmbeinkamm bis zur letzten Rippe beträgt nach Luschka an Leichen gut gebauter Männer 12 Cm., während das Ende der letzten Rippe 8 Cm. von der Crista entfernt sein soll.

In Hinsicht der übrigen Muskulatur der Nierengegend fand ich an dem mir zugänglichen Material Folgendes: Der M. latissimus dorsi reicht mit seinem Ursprunge noch weiter lateralwärts als der M. sacrospinalis und zwar, wie bekannt, in wechselnder Breite. Der M. quadratus lumborum zeigt in seiner Breite einige Schwankung und scheint den M. sacro-

---

1) Ueber Anomalien am Thoraxskelete. In diesem Archiv, 1875. S. 562, 563.

spinalis an seinem Beckenursprunge gewöhnlich um 2 — 3 Cm. seitlich zu überragen. Die Breite seines oberen Endes ist übrigens einigermaassen unabhängig von der Länge der zwölften Rippe; ist diese ungewöhnlich kurz, so setzt der laterale Theil des Muskels sich sehnig an die elfte Rippe an. —

Fragen wir jetzt, wie sich die Nieren in ihrer Lagerung zu diesen Theilen verhalten, so findet sich einige Uebereinstimmung bei den Autoren nur in der Angabe, dass die Niere den M. sacrospinalis oder den M. quadr. lumb. seitlich etwas überrage und dass ein (verschieden angegebener) Theil der Niere noch innerhalb des knöchernen Thorax liege. —

Es ist nun nach meinen Beobachtungen in der That richtig, wenn man sagt, dass die Niere gewöhnlich um 1 — 2 Fingerbreiten (1·5 — 3 — 4 Cm.) den M. sacrospinalis überragt, doch dürften auch hier nach beiden Richtungen hin extreme Fälle nicht selten sein.[1])

Das Verhältniss des oberen Nierenendes zu den Rippen ist nach meinen Erfahrungen ein äusserst wechselndes, wie es ja auch bei der oben erwähnten, wechselnden Höhenlage der Nieren und den vielen Längen- und Richtungsabweichungen der letzten Rippen nicht gut anders sein kann. Ich sah die Niere (und es war in diesem Falle die rechte) bis zur halben Höhe der zehnten Rippe hinaufragen, und konnte andrerseits einen Fall constatiren, wo sie den oberen Rand der zwölften Rippe kaum erreichte. Das mittlere Verhalten anzugeben, ist somit nicht leicht; am liebsten möchte ich mit Hoffmann sagen, dass die zwölfte Rippe bei einer Neigung von 45° die Niere ungefähr in zwei gleich grosse Hälften scheidet. Nach

---

1) Es ist vielleicht nicht ohne Interesse, daran zu erinnern, (s. Luschka a. a. O. S. 7), dass schon 1829 Gerdy in seiner „Anatomie des formes extérieures“ (Deutsche Uebers. Weimar 1831. S. 160. Anm. u) die Beziehungen der Nieren zur seitlichen Lendenfurche und zur letzten Rippe genau erörtert und die Sectio lumborum angelegentlichst empfohlen hat, indem er sie als leicht und ungefährlich hinstellt. Nach ihm wird die seitliche Lendenfurche nach aussen von der Niere um zwei Querfinger überragt und liegt diese nur mit ihrem oberen Ende vor der zwölften Rippe.

Luschka soll die Niere noch höher, nämlich zu zwei Drittel unter den Rippen liegen.

Während somit meine Beobachtungen mit den Angaben anderer Anatomen und wohl mit allen anatomischen Abbildungen in den hauptsächlichen Punkten vollständig übereinstimmen weichen sie leider von den noch neuerdings vorgebrachten, grösstentheils auf die Percussion gestützten Ansichten der Pathologen in einer wichtigen Beziehung ab; ich meine in dem Verhältniss der Niere zum Darmbeinkamm. Aus Gerhardt's Worten[1]) scheint deutlich hervorzugehen und Vogel[2]) hat es seiner Zeit geradezu ausgesprochen, dass die Niere normaler Weise bis an den Darmbeinkamm oder selbst noch weiter in das grosse Becken hinabreiche. Schon Luschka[3]) hat sich gegen diese „jedenfalls befremdende" Behauptung ausgesprochen und sagt: „Unter geregelten Verhältnissen findet dieses niemals statt, dagegen kann man wohl zugeben, dass die Grösse des Abstandes zwischen dem Rande des Darmbeinkammes und dem unteren Ende der Niere wechselnd ist" und giebt dann an, dass sie „bis zur mittleren Höhe des äusseren Lumbalgebietes" hinabreiche.

Bei den sechszig Leichen, die ich genau untersucht habe, fand ich, dass die Nieren auch nicht ein einziges Mal den Darmbeinkamm erreichten, in vier Fällen einseitig und in zwei Fällen beiderseits bis auf 1·5 Cm. sich demselben näherten, im Uebrigen aber in einer mittleren Entfernung von 3—5 Cm. blieben.

Diese Befunde stehen nun auch in vollem Einklange mit den Resultaten einer Reihe von Skelet-Messungen, die ich an frischen Leichen zu diesem und ähnlichen Zwecken in letzter Zeit ausführte, und die ich hier beifüge, da wohl in der Literatur noch keine ausreichenden Angaben dieser Art zu finden sind. —

Was zunächst das Verhältniss der durch den höchsten Theil der Darmbeinkämme gelegten Horizontalebene zu der

1) A. a. O. S. 146.
2) Virchow, Handbuch der Pathol. und Ther. VI. 2. S. 421.
3) Lage der Bauchorgane. S. 31.

vorderen Fläche der Wirbelsäule betrifft, so kann es ein allgemein gültiges Maass hier am allerwenigsten geben, denn ausser der im unteren Theil ja so wechselnden Krümmung der Wirbelsäule kommt dabei noch die Neigung des Beckens sehr in Betracht. Indem ich einer Reihe von Becken die durch die Untersuchungen Meyer's festgestellte mittlere Neigung[1]) gab, mass ich den senkrechten Abstand des Promontoriums von der Horizontalebene der Darmbeinkämme. Als häufigste Zahl ergab sich dabei 6 Cm., doch waren Schwankungen bis zu 5 und 8 Cm. häufig. Extreme Zahlen entstanden meistens durch ungewöhnlich hohe oder tiefe Stellung des Promontoriums zum Beckeneingange. An der vorderen Fläche der frischen Wirbelsäule traf diese Horizontale nur auf den unteren Rand oder die untere Hälfte des vierten Lendenwirbels und reichte kaum einmal über die Mitte desselben hinaus. —

Die Entfernung der vorher angegebenen, mittleren oberen Nierengrenze (unterer Rand des elften Brustwirbels) von der Höhe der Darmbeinkämme schwankte nach meinen Messungen von 14 — 18 Cm.; die Entfernung des Köpfchens der zwölften Rippe stellte sich im Mittel auf 14 Cm. Von dem unteren Rande des elften Brustwirbels bis zum oberen Rande des dritten Lendenwirbels dürften im Mittel 11·0 — 11·5 Cm. sein, von letzterem Punkte bis zur Ebene der Darmbeinkämme im Mittel 5 Cm. Projicirt man oberes und unteres Nierenende, sowie den unter der Niere gelegenen Theil des Darmbeinkammes senkrecht auf die Medianebene, so treffen sie alle drei meistens in den Wirbelkanal hinein. Die direct gemessenen Entfernungen werden also nur wenig von den senkrechten Abständen verschieden sein, und würden ausserdem (im Gegensatz zu Luschka's Anschauung) bei Beugung des Körpers höchstens grösser werden können, kleiner nur bei starker Rückwärtsbeugung. —

Da nun nach den geläufigen Angaben und einer Reihe eigener Messungen die Niere gewöhnlich 10·3 — 11·0, seltner bis 12 Cm. lang ist[2]), so könnte sie nur etwa bis zur Mitte des ersten Lendenwirbels hinaufreichen, wenn sie unten das

1) Neigung der „Normalconjugata“ von 30°. —

2) Man muss hier natürlich nicht die herausgerissene oder her-

Darmbein erreichte; nimmt sie aber die oben angegebene mittlere Lage ein, so muss sie noch 2—6 Cm. von demselben entfernt bleiben, ein Resultat, das genau mit unseren directen Beobachtungen stimmt.

Nicht ohne Bedeutung für mich ist ferner auch die langjährige Erfahrung, die wir bei der Zweitheilung unserer Leichen für den Präparirsaal gemacht haben. Obgleich der Schnitt meist über den vierten Lendenwirbel und etwa zwei bis drei Finger breit über dem Darmbeinkamm entlang geführt wird, wurden die Nieren nie durchschnitten und nur in einzelnen Fällen ihr unterstes Ende freigelegt. Freilich liesse sich hier der Einwurf machen, dass die Nieren dabei mit oder ohne Absicht nach oben gedrängt worden seien. —

Was die Chirurgen betrifft, so nahm Simon, der bekanntlich mit glücklichem Erfolge eine Niere exstirpirte, die Lage der Niere ebenso an wie die Anatomen. Nach seinen Uebungen an der Leiche (und an Hunden) beginnt der Hautschnitt in der seitlichen Lendenfurche deshalb „über der elften Rippe und geht herunter über die zwölfte bis zur Mitte des Zwischenraumes zwischen dieser Rippe und der Crista ossis ilei“. Die Auslösung der Niere hält Simon für den schwersten Akt der Operation, „weil die Niere zu zwei Dritttheilen unter den Rippen liegt.“ —

Wie sich aus Obigem ergiebt, gehn also die Ansichten über die Lage der Nieren noch ziemlich auseinander und wenn eine Entscheidung auch vielleicht für die praktische Medicin vorläufig weniger Bedeutung hat, so ist es doch Sache der Anatomen, einen Abschluss herbeizuführen. Da abweichende Ansichten doch wohl wesentlich durch die bedeutenden nach Zeit und Ort vielleicht häufigen Variationen der Lage hervorgerufen werden, so würden also vor Allem zahlreiche neue und genaue Beobachtungen erwünscht sein. —

Was nun die Percussion der Nieren anlangt, so wird freilich wohl allgemein anerkannt, dass sie oft genug geringe oder unsichere Resultate liefern muss, da die bedeckenden

---

ausgeschnittene auf dem Tisch liegende Niere messen, sondern die durch das umgebende Fett in ursprünglicher Form in der Leiche erhaltene Niere.

Weichtheile zu mächtig sind und die Nieren ausserdem noch von der verschieden starken Fettkapsel umschlossen werden. Dennoch möchte ich es von anatomischer Seite noch besonders hervorgehoben wissen, dass die Fettkapsel, wenn sie einigermassen entwickelt ist, in vielen — ich will nicht sagen, den meisten — Fällen eine Erkenntniss der unteren Nierengrenze vollkommen unmöglich machen muss. Wenn schon aufmerksame Betrachtung des einfachen Situs dieses zeigen, so wird es noch weit deutlicher durch horizontale Sägeschnitte. Ich besitze solche, die in der Entfernung von je 2 Cm. durch den Körper gelegt sind, und sie zeigen, wie die schalldämpfende Schicht unterhalb der Niere vollständig dieselbe Dicke hat wie in der Mitte derselben. Ein gleichmässig bis zum Darmbein gehender Dämpfungsbezirk ist also durchaus nicht immer identisch mit der eigentlichen Nierendämpfung.

In Bezug auf die seitliche Grenze der Nierendämpfung darf ich mir ferner wohl noch eine Bemerkung erlauben. Zunächst meine ich, könnte auch hier eine stärkere Fettanhäufung im Inneren die Bestimmung sehr stören und den Untersuchenden irre führen. Nach den oben angeführten Untersuchungen würde man den lateralen Rand der Niere ziemlich sicher in der Entfernung von 10 Cm. von der durch die Proc. spinosi bezeichneten Medianebene finden.

Ferner will mir scheinen, dass die in der Percussionslehre übliche Weise, den lateralen Rand der Nierendämpfung nach seiner Entfernung von der „Wirbelsäule“ zu bestimmen, etwas unklar und jedenfalls leicht irreführend ist. Man fühlt von der Wirbelsäule hinten doch nur die Dornfortsätze; diese können aber nicht gemeint sein, wenn es heisst[1]): „Drei Finger breit von der Wirbelsäule findet man einen dumpfen Schallraum“ u. s. w. — Soll man sich zu diesem Zwecke beliebig die Wirbelsäule (mit oder ohne Querfortsätze?) an der hinteren Körperseite denken? Oder ist es nicht einfacher und klarer, wenn man sagt: Die laterale Grenze der Nierendämpfung

1) Gerhardt, Lehrbuch der Auscultation und Percussion. Zweite Aufl. 1871. S. 146.

liegt 10 Cm. von den Dornfortsätzen und etwa 1—3 Cm. von der seitlichen Lendenfurche entfernt? — Ein Irrthum in der Auffassung wäre aber in dem angeführten Falle um so leichter möglich, da auf der beigegebenen Fig. 16, S. 146, die „äusseren Nierengrenzen", die Linien *ALN* und *ARN*, wohl durch ein Versehn viel zu weit medianwärts liegen. Wie sie gezeichnet sind, entsprechen sie etwa dem medialen Rande des unteren Theils der Niere.

Wenn Gerhardt und Andere es aussprechen, dass„ schon geringe hypertrophische oder hydronephrotische Umfangszunahme sich durch die Percussion erkennen lässt", so will ich gerne zugeben, dass eine zunehmende Ausdehnung der Niere bei einer und derselben Person in manchen Fällen sich durch Percussion nachweisen lässt, muss aber ernstlich bestreiten, dass aus dem Resultate einer einzigen solchen Untersuchung irgend ein Schluss auf eine vergrösserte Niere gemacht werden kann.

Was die Sectio lumborum angeht, so hat Simon (a. a. O.) noch erwähnt, dass er eine erleichternde Resection der zwölften Rippe gescheut habe wegen der Gefahr einer Eröffnung der Pleurahöhle, deren Umschlagsstelle am Orte der Resection den oberen Rand der Rippe berühre.

Wenn Luschka (a. a. O. S. 8) meint, dass diese Bedenken nicht gerechtfertigt seien, da das Bauchfell „lose adhärirt und eigentlich nur dem obern Rande jener Rippe folgt," so muss ich erwähnen, dass nach meinen Erfahrungen allerdings in der Regel die Umschlagsstelle der Pleura in dieser Gegend der zwölften Rippe anliegt, und zwar bald dem oberen, bald dem unteren Rande entspricht, dass es aber auch Fälle giebt, in denen die Pleura bis zur Höhe des Querfortsatzes des ersten Lendenwirbels hinabreicht. An zwei Leichen habe ich ein solches abweichendes Verhalten der Pleura sicher und zweifellos constatiren können, und zwar jedesmal auf beiden Seiten.

Durch solche Vorkommnisse wird die Exstirpation der Nieren in Zukunft noch um Einiges erschwert werden, denn, will man vor einer Eröffnung der Brusthöhle ganz sicher sein, so wird man den Schnitt in der Tiefe (beim Durchschneiden

des tiefen Blattes der Fascia lumbodorsalis) nur bis auf 2 oder 3 Cm. weit an den unteren Rand der zwölften Rippe hinan machen dürfen.

Ueber die Lageveränderungen, die bei pathologisch vergrösserten Organen stattfinden, kann ich mir, so wichtig es wäre, auch hierauf von anatomischer Seite einzugehn, keine Bemerkungen erlauben, da mir eigene Beobachtungen gänzlich fehlen. Dagegen möchte ich zum Schluss noch einmal auf einen Umstand hinweisen, den ich in einer Reihe von Fällen sicher nachweisen konnte, nachdem schon Luschka ihn klar hervorhob: ich meine den Umstand, dass $^1/_3$ — $^1/_2$ der Nieren oberhalb der unteren Grenze des Pleurasacks gelegen ist. Denn dadurch ist es nothwendig gegeben, dass bei starker Inspiration, wo die Lunge hinten mehr weniger nahe an die untere Pleuragrenze hinabrückt, durch das Zwerchfell ein Druck auf die Niere ausgeübt werden kann, und eine leichte Verschiebung des oberen Endes nach vorne stattfinden muss.

Obige Zeilen hatte ich bereits im Juni 1875 niedergeschrieben, zögerte aber mit der Absendung, da ich aus mehrfachen Gründen wünschen musste, meine Nachforschungen noch weiter auszudehnen. So habe ich nun noch etwa vierzig weitere Leichen auf die Nierenlage genau untersuchen können und die bisherigen Resultate fast stets bestätigt gefunden. Nur zweimal war ich so glücklich, eine tiefere Lage zu finden (bei zwei männlichen Leichen): bei einer Leiche reichte bei sonst ganz normalen Verhältnissen die linke Niere bis fast an den Darmbeinkamm, während die rechte Niere ihn noch um 2 Cm. nach unten überschritt. Im anderen Falle reichten die Nieren bis auf etwa 0·5 und 1·0 Cm. an denselben hinan.

Nach meinen auf hiesiger Anatomie an ca. hundert Leichen gemachten Erfahrungen reicht also die Niere nur in 1 pCt. bis an den Darmbeinkamm, und es ist dieses Verhalten deshalb als ein recht ungewöhnliches und somit anomales zu bezeichnen. —

Kiel, 1. Mai 1876.

Ueber die negative Schwankung des Muskelstromes bei der Zusammenziehung.

Von

E. du Bois-Reymond.

Dritte Abtheilung.

(Schluss.)

§. XXV. Widerlegung der Hermann'schen Theorie der negativen Schwankung und Untersuchung letzterer bei unmittelbarer Reizung curarisirter Muskeln.

1. Hrn. Hermann's Theorie der negativen Schwankung.

Hr. Hermann versucht die negative Schwankung des Muskelstromes bei der Zusammenziehung durch die Annahme zu erklären, dass thätiger Muskel gleich absterbendem negativ gegen ruhenden Muskel sich verhalte, folglich thätiger Muskel neutral gegen absterbenden. Nach dieser Hypothese fällt bei künstlichem Querschnitte, wenn der Muskel auf allen Punkten seines Inneren thätig wird, der Grund zum Strome fort, da am Querschnitt thätiger Muskel an absterbenden grenzt. Die negative Schwankung ergiebt sich somit um so leichter, als dies Aperçu der Keim aller thierisch-elektrischen Speculationen des Hrn. Hermann war.

Dagegen bei natürlichem Querschnitt und im stromlosen Zustand der Muskeln, den Hr. Hermann als den normalen betrachtet, vermag Hr. Hermann aus seiner Hypothese nicht ohne Weiteres zu erklären, dass der thätige Muskel im umgekehrten Sinne vom Gesetze des Muskelstromes elektromoto-

risch wirksam wird. Denn wird der Muskel zugleich auf allen Punkten seines Inneren thätig, so heisst dies nach Hrn. Hermann soviel, wie dass er auf allen Punkten negativ gegen ruhenden Muskel werde. Da nun aber, ohne weitere Hypothese, nirgend ruhender Muskel vorhanden ist, kann eben so wenig Strom entstehen, als wenn ein in verdünnte Schwefelsäure versenkter Zinkblock auf allen Punkten zugleich in Platin sich verwandelte.

Dieser Schwierigkeit entgeht Hr. Hermann durch zwei Hypothesen. Die eine ist, dass die Zusammenziehung des Muskels nicht auf allen Punkten zugleich stattfinde. Das abgeleitete Ende des Muskels ist von der Eintrittsstelle des Nerven im Allgemeinen weiter entfernt als der abgeleitete Punkt des Längsschnittes. Hier wird also die Zuckung früher gegenwärtig sein als dort, und im Augenblicke der Zuckung wird der Längsschnittspunkt sich negativ gegen das Muskelende verhalten, mit anderen Worten, negative Schwankung wird entstehen.[1]) In Muskeln nnd Nerven so entstandene Ströme will Hr. Hermann „Actionsströme" genannt wissen, und mit den Froschhautströmen und dem Schlage der elektrischen Fische sind sie die einzigen thierisch-elektrischen Erscheinungen, die er im lebenden oder überlebenden unversehrten Körper zulässt.

In seiner ersten Bekanntmachung übersah Hr. Hermann, und ich musste ihn erst darauf hinweisen,[2]) dass ihm mit dieser Annahme noch nicht geholfen sei. Denn wenn die Schwankung das Ende des Muskels ergriffen hat, kommt ein Punkt, wo nach seiner Hypothese dies Ende so negativ gegen den Längsschnitt sich verhalten muss, wie vorher positiv; es erfolgt positive Schwankung, und die Schwankungen heben einander an der Bussole auf.

Deshalb fügte Hr. Hermann seitdem die zweite Hypothese

1) Weitere Untersuchungen zur Physiologie der Muskeln und Nerven. Berlin 1867. S. 36.

2) Widerlegung der von Hrn. Dr. Ludimar Hermann kürzlich veröffentlichten Theorie der elektromotorischen Erscheinungen der Muskeln und Nerven. — Monatsberichte der Akademie u. s. w. 1867. S. 620.

hinzu, dass die Zuckung, indem sie im Muskel fortschreitet, an Stärke verliere, und dass also die positive Schwankung die negative nicht aufhebe, welche somit zum Vorschein komme.[1])

An diesen Aufstellungen des Hrn. Hermann ist zweierlei zu unterscheiden. Richtig ist daran, dass die Zusammenziehung nicht auf allen Punkten des Muskels zugleich in derselben Phase begriffen ist, und auch uns steht schliesslich bevor, mit Rücksicht hierauf unsere Ergebnisse zu erörtern. Eine andere Frage ist, ob Abnahme der Reizwelle stattfinde, und ob dadurch die verschiedenen Erscheinungsweisen der negativen Schwankung erklärt werden können. Zunächst werden einige Bemerkungen über die Vertheilung der Nerven im Muskel hier am Platze sein, da um diesen Punkt fortan die Verhandlung sich wesentlich dreht.

2. Wird bei mittelbarer Reizung die Muskelfaser nur an einem Punkt oder an mehreren Punkten ihrer Länge erregt?

Ist Hrn. Gerlach's Lehre von einem die Muskelfaser in ihrer ganzen Länge durchdringenden intravaginalen Nervennetze[2]) richtig, so würde der Muskel auf allen seinen Punkten so gut wie gleichzeitig erregt, und der Hermann'schen Hypothese würde jede Unterlage fehlen.

Ich will aber, da ohnehin Hrn. Gerlach's Darstellung mir keinen überzeugenden Eindruck gemacht hat, davon absehen,[3]) und mit der, wie ich glaube, grossen Mehrzahl der Histologen daran festhalten, dass es Nervenendplatten in dem

---

1) Untersuchungen zur Physiologie der Muskeln und Nerven. Drittes Heft. Berlin 1868. S. 59; — Grundriss der Physiologie des Menschen. 5. Aufl. Berlin 1874. S. 252.

2) Gerlach, das Verhältniss der Nerven zu den willkürlichen Muskeln der Wirbelthiere. Leipzig 1874. S. 47.

3) Während des Druckes dieses Aufsatzes erhielt ich durch die Güte des Hrn. Dr. August Ewald dessen Abhandlung: „Ueber die Endigung der motorischen Nerven in den quergestreiften Muskeln“ (Pflüger's Archiv u. s. w. Bd. XII. 1876. S. 529), worin die Gerlach'sche Lehre widerlegt wird.

allgemein angenommenen Sinne giebt. Doch ist hier noch genauer festzustellen, wie man deren Vertheilung im Muskel sich zu denken habe.

Hr. Reichert zählte im Brusthautmuskel des Frosches auf 160—180 Muskelfasern 280—340 Nervenendigungen, wonach jede Faser etwa 2 Nerven erhalten würde.[1]) Hr. Kühne liess zu jeder Muskelfaser des Froschsartorius 6—8 Nervenfasern treten, obschon er an einigen Fasern auch nur eine, an einzelnen sogar keine Nervenendigung fand.[2]) Hr. W. Krause wiederholte Hrn. Reichert's Beobachtungen über die motorischen Nervenendigungen im Brusthautmuskel, und seine Worte: „Manche Muskelspindeln erhalten übrigens nur eine einzige dop- „pelt contourirte Nervenfaser,“ lassen schliessen, dass er sonst jeder Spindel dieses Muskels mehr als eine Nervenfaser zusprach.[3])

Für den M. gracilis des Frosches dagegen,[4]) sowie für alle Säugethiermuskeln, ja sichtlich sonst für alle Muskeln aller Thiere stellte Hr. Krause die Regel auf, dass jede Muskelfaser nur eine Nervenendigung erhält. Besonders genau überzeugte er sich davon am M. retractor bulbi und am M. tensor fasciae latae der Katze.[5]) Die von Hrn. Kühne an den Sartoriusfasern beschriebenen häufigeren Nerveneintritte deutete er als Capillargefässe,[6]) und sprach es schliesslich rückhaltlos aus, „dass auch die längsten Muskelfasern der grössten Muskeln „nur eine einzige Endplatte besitzen.“[7])

Gleicher Meinung in Betreff der Zahl der in eine Muskel-

---

1) Dies Archiv, 1851. S. 58.

2) Monatsberichte der Akademie u. s. w. 1859. S. 395; — dies Archiv, 1859. S. 565 ff.; — Ueber die peripherischen Endorgane der motorischen Nerven. 4. Leipzig 1862. S. 19. 20; — Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben u. s. w. Leipzig 1871. Bd. I. S. 153.

3) Die motorischen Endplatten der quergestreiften Muskelfaser. Hannover 1869. S. 95.

4) A. a. O. S. 99.

5) A. a. O. S. 76—79.

6) C. F. Th. Krause's Handbuch der menschlichen Anatomie. 3. Aufl. von W. Krause. Bd. I. Hannover 1876. S. 497.

7) Handbuch u. s. w. S. 495.

faser eintretenden Nervenfasern scheint Hr. Gerlach. Dass im Brusthautmuskel etwa die doppelte Zahl von Nervenendigungen gefunden wurde, wie von Muskelfasern, erklärte er durch die bei den meisten terminalen Nervenfasern vor dem Eintritt in die Muskelfaser vorhandene Zweitheilung.[1])

Von Bedeutung wird nun hier eine andere Lehre des Hrn. Krause über den Bau der Muskeln. Die von Hrn. Rollett wieder aufgefundene spitze Endigung der Muskelfasern im Inneren des Muskels[2]) betrachtet Hr. Krause als Regel. Seiner Meinung nach giebt es überhaupt keine längeren Muskelfasern als solche von höchstens 4 Cm. Bei Muskeln von dieser oder von geringerer Länge erstrecken sich die Muskelfasern von Sehne zu Sehne, wie man es bisher auch von längeren Muskeln fälschlich sich dachte. Bei längeren Muskeln aber enden die Muskelfasern an beiden Enden spitz, daher Hr. Krause die Muskelfasern „Muskelspindeln“ nennt.[3]) Hr.

---

1) Das Verhältniss der Nerven zu den willkürlichen Muskeln u. s. w. S. 34.

2) Wiener Sitzungsberichte u. s. w. 1856. Bd. XXI. S. 176.

3) Die motorischen Endplatten u. s. w. S. 2—6; — Handbuch der menschlichen Anatomie u. s. w. A. a. O. S. 81. Hr. Krause hat Recht, wenn er bemerkt, dass durch die von ihm in den längeren Muskeln erkannte Anordnung deren Leistungsfähigkeit nicht beeinträchtigt werde, da der Zug durch die fest verbundenen Muskelspindeln wie durch eine stetige Faser sich fortpflanze. Wenn er aber an der zweiten Stelle hinzufügt: „Im Gegentheil dürfte die „mechanische Leistung bei der vorhandenen Anordnung sich vortheil„hafter gestalten, als wenn die Muskelfasern von einem Muskelende bis „zum andern reichten,“ wie daraus einleuchte, dass bei letzterer Annahme eine Sartoriusfaser vom Menschen Verhältnisse darböte, wie ein Draht von 15 M. Länge und 1 Mm. Durchmesser, — so verstehe ich ihn nicht. Zwar findet sich bei seinem Vater die Meinung, dass Zwischensehnen einen Muskel verstärken (Handbuch der menschlichen Anatomie. 1833. Bd. I. S. 63), aber diese Meinung ist irrig. Die Kraft des Muskels ist seinem Querschnitte proportional, der doch nicht durch Zwischensehnen vergrössert werden kann. Solche Sehnen verkleinern nur den der Länge des Muskels proportionalen Hub, also seine Arbeitsleistung, daher ihr Dasein aus der Entwickelung oder aus besonderen Zwecken zu rechtfertigen ist (Vergl. Henle, Handbuch der Muskellehre des Menschen. 2. Aufl. Braunschweig 1871. S. 8). Die

Nicol hat dies Ergebniss bestätigt.[1])

Indem jede Muskelspindel nur eine Nervenfaser erhält, erklärt es sich, dass längere Muskeln nicht bloss in der Mitte ihrer Länge, sondern bis zu einer Entfernung von ihren Enden, die etwa der halben Länge einer Muskelspindel gleichkommt, Nerven enthalten. Die Enden des M. tensor fasciae latae der Katze z. B. findet man in 0·5 bis 2 Cm. nervenfrei.[2]) Muskeln von geringerer Länge als 4 Cm. müssen im Verhältniss zu ihrer Masse um so mehr Nerven erhalten, je kürzer sie sind, längere Muskeln eine ihrer Masse proportionale Anzahl von Nervenfasern. Nimmt man hinzu, dass in verschiedenen Muskeln aus Einer Nervenfaser verschieden viel Endfasern entspringen können, so fehlt es nicht an Mitteln, um Erscheinungen zu erklären, wie den scheinbar grösseren Nervenreichthum der Augenmuskeln.[3])

Es wird bequem sein, fortan Muskeln, in welchen die Fasern

Zusammensetzung längerer Muskeln aus Spindeln ist vortheilhafter nur weil der an mehr Punkten innervirte Muskel schneller in ganzer Länge einen gewissen Grad von Energie erreicht. Erhielte eine von Ende zu Ende auch des längsten Muskels verlaufende Faser soviel Nervenendigungen, als Spindeln dazu gehören um dieselbe Strecke zu überspannen, so würde sie, selbst angenommen die übereinandergreifenden Enden der Spindeln ergänzten sich stets zum gleichen Querschnitte, nicht bloss so gut wirken, wie die ihr entsprechende Spindelreihe, sondern besser. Denn ist v die Geschwindigkeit der Zuckungswelle, und λ die Länge, in welcher die Spindeln mit ihren Enden aneinander liegen, so erreicht die Spindelreihe erst um die Zeit $t = \frac{1}{2} v \lambda$ später als die zusammenhängende Faser auf allen Punkten denselben Grad von Energie, wie diese.

1) Henle's und Pfeuffer's Zeitschrift u. s. w. 1866. 3. R. Bd. XXVIII. S. 78.

2) Nach Hrn. Kölliker enthält der obere Bauch des M. omohyoideus des Menschen bei einer Länge von 3″ nur in einem Bereiche von 5—8‴, also in einem Sechstel seiner Länge, Nervenfasern. Aehnliches berichtet Hr. Kölliker vom unteren Bauche desselben Muskels, ferner vom M. sternohyoideus, sternothyreoideus, subcruralis und costocervicalis. Doch beziehen sich diese Angaben nur auf gröbere Nervenverzweigungen. (Mikroskopische Anatomie. Bd. II. Leipzig 1850. S. 238. 239).

3) Vergl. Krause, Die motorischen Endplatten u. s. w. S. 79.

von Ende zu Ende reichen, in der Rede kurz von solchen unterscheiden zu können, welche der Länge nach aus mehreren Fasern oder Spindeln zusammengesetzt sind. Ich werde erstere monomere, letztere pleiomere Muskeln nennen.

Jetzt handelt es sich darum, die Nervenvertheilung in monomeren Muskeln zu untersuchen. Nach Hrn. Kühne bleibt der Sartorius des Frosches nur im Bereiche weniger Millimeter von seinen Enden nervenfrei.[1]) Nach Hrn. Krause vertheilen sich die Nerven im M. retractor bulbi der Katze innerhalb der mittleren zwei Viertel des Muskels.[2]) Nach Hrn. Reichert beschränkt sich am Brusthautmuskel des Frosches die Strecke, in welcher die Nerven an den Muskelfasern endigen, auf das mittlere Drittel.[3]) Endlich am Gastroknemius des Frosches verlegt Hr. Kühne sämmtliche Endplatten etwa in die Mitte der Muskelfasern.[4])

Hier stossen wir jedoch auf eine ernste Schwierigkeit, welche nochmals zu erörtern ich nicht für unnütz halte, obschon ich schon einmal darauf hinwies.[5]) Aus Hrn. C. Sachs' Versuchen folgt, dass die Wirkung einer Endplatte auf die zugehörige Muskelfaser beschränkt bleibt.[6]) Aus Hrn. Kühne's Versuch über doppelsinnige Leitung des Nervenprincipes am Sartorius folgt weiter, dass auch eine Muskelfaser, der eine Reizwelle entlang läuft, die Nachbarfasern unerregt lässt.[7]) Danach erscheint unzweckmässig, dass Nervenendigungen über einen grösseren Bezirk des Muskels sich verbreiten. Erstens ist Nervenlänge vergeudet, zweitens geht im Nerven eine, wenn auch kleine, doch angebbare Zeit verloren, drittens wird die Wirkung des Muskels verlangsamt, denn der mittlere Ab-

1) Monatsberichte der Akademie u. s. w. 1859. S. 395; — dies Archiv, 1859. S. 567.

2) Die motorischen Endplatten u. s. w. S. 76.

3) A. a. O. S. 67.

4) Ueber die peripherischen Endorgane u. s. w. S. 22.

5) Experimentalkritik u. s. w. Monatsberichte der Akademie u.s.w. 1874. S. 556.

6) Dies Archiv, 1874. S. 57.

7) Monatsberichte der Akademie u. s. w. 1859. S. 400; — Dies Archiv, 1859. S. 585 ff.

stand der Endplatte von allen Punkten der Muskelfaser ist ein Minimum, wenn die Endplatte in deren Mitte liegt. Das scheinbar allein Zweckmässige wäre, dass sämmtliche Endplatten in der mittleren Querebene des Muskels lägen, wie es, mit Berücksichtigung seiner verschobenen Form, nach Hrn. Kühne beim Gastroknemius der Fall ist.

Diese Schwierigkeit zu heben, müsste entweder eine aus der Entwickelung herrührende Ursache für die scheinbar unzweckmässige Anordnung nachgewiesen werden, woran es bisher fehlt; oder man müsste einen anderen damit verbundenen Zweck ersinnen. Man könnte glauben, die Endplatten lägen deshalb nicht alle in Einer Ebene, weil sie als krafterzeugende Organe bedeutenden Stoffwechsel haben, und sich gegenseitig beeinträchtigen würden, wenn sie sämmtlich in einer Querebene versammelt wären. Im Gastroknemius lägen sie zwar virtuell in solcher Ebene, seien aber in Wirklichkeit gegeneinander verschoben, so dass sie in verschiedener Höhe sich befinden. Dieser Annahme widerstreitet, dass in den Ganglien zahlreiche Nervenzellen, deren Stoffwechsel dem der Endplatten am ehesten sich vergleichen liesse, dicht gepackt sind.

Bei der Dünne der Endplatten ist auch nicht daran zu denken, dass sie in Einer Querebene liegend am Muskel einen ringförmigen Wulst erzeugt hätten.

Die Richtigkeit der Angabe vorausgesetzt, dass jede Muskelfaser auch eines längeren monomeren Muskels nur eine Nervenendplatte erhält, erscheint demnach als einziger Ausweg, dass es doch noch gelinge, von Einer Endplatte aus mehrere Muskelfasern zu innerviren. Da Hrn. Sachs' Versuche mit minimaler Reizung angestellt sind, so ist, wie er selber hervorhebt, die Möglichkeit da, dass bei stärkerer Reizung die Wirkung der Endplatte auf mehrere Fasern sich ausbreite. Natürlich müsste dann diese Wirkung elektrisch sein. Der Sinn der Anordnung wäre dann, dass jede Muskelfaser an mehreren Stellen zugleich erregt würde, nämlich überall, wo sie der Rückenfläche der Endplatten benachbarter Fasern hinreichend nahe käme. Dadurch würde sie schneller in ganzer Länge wirksam.

Auch verstände man, warum in längeren monomeren Mus-

keln, im Vergleich zu kürzeren, eine längere mittlere Strecke mit Nervenendigungen versehen ist als in kürzeren (s. oben S. 348). Dunkel bliebe dagegen, warum in pleiomeren Muskeln die nervenfreie Strecke etwa halb so lang ist, wie eine Muskelspindel (s. oben S. 347), in monomeren nur wenige Millimeter (s. oben S. 348). Auch in ersteren sollte sie so kurz wie möglich sein.

Hr. Krause äussert die Vermuthung, dass die zur Fortpflanzung der Reizwelle nöthige Zeit dem Latenzstadium entspreche.[1]) Dies ist nicht richtig. Schon vor achtzehn Jahren hatte Hr. Pflüger (damals noch in Berlin) denselben Gedanken gefasst. Ich erhielt zu jener Zeit von Hrn. Rekoss in Königsberg ein Helmholtz'sches Myographion, und der erste Versuch, den Hr. Pflüger und ich damit anstellten, galt dieser Frage. Es zeigte sich aber auch bei unmittelbarer Reizung, wo der Muskel auf allen Punkten zugleich erregt wird, ein Latenzstadium.[2]) Unzweifelhaft war dies schon von Hrn. Helmholtz selber beobachtet, und er hatte nur versäumt, es in seinen Abhandlungen zu erwähnen. Uebrigens würde am Pouillet'schen Chronoskop, bei genauer Einstellung des Muskels auf Belastung im Helmholtz'schen Sinne, kein Latenzstadium sich zeigen, wenn sofort nach Eintreffen des Reizes im Muskel die Zusammenziehung in der Nähe der Endplatten anfinge. Denn es liegt im Wesen dieser Anordnung, dass schon die kleinste Zunahme des Muskels an Spannung den zeitmessenden Strom unterbricht.

3. Anwendung der neuen Lehre vom Muskelbau auf die elektromotorischen Erscheinungen der Muskeln. Von den sehnigen Scheidewänden der Mm. gracilis und semimembranosus vom Frosche. Vom Adductor magnus, einem neuen regelmässigen Oberschenkelmuskel des Frosches.

Wir kehren zu unserem Gegenstande zurück, indem wir

1) Handbuch u. s. w. S. 501.

2) Vergl. E. du Bois-Reymond, On the Time required for the Transmission of Volition and Sensation through the Nerves. Proceedings of the Royal Institution of Great Britain. April 13, 1866. p. 6. 8. Fig. 2.

erwägen, wie Hrn. Krause's Lehre vom Muskelbaue zur Lehre vom Muskelstrome passe. Sichtlich muss in pleiomeren Muskeln jede Spitze einer Muskelspindel Sitz von Parelektronomie und terminaler Nachwirkung sein. Allein die negativen Kräfte aller inneren Enden heben, wie man annehmen darf, im Allgemeinen einander auf. Der elektromotorische Erfolg ist also derselbe, als reichten die Fasern von Sehne zu Sehne. Folglich bleiben bei Hrn. Krause's Vorstellung vom Muskelbaue auch an pleiomeren Muskeln alle unsere Schlüsse in Kraft.

Die monomeren Froschmuskeln werden selbstverständlich dadurch gar nicht berührt. Doch hat neuerlich mit Bezug auf die Frage nach der Geschwindigkeit der Reizwelle Hr. Hermann[1]) auf den zuerst von Hrn. Ecker[2]) hervorgehobenen Umstand aufmerksam gemacht, dass die Mm. gracilis und semimembranosus vom Frosche durch eine sehnige Scheidewand in zwei Abschnitte getheilt werden. Hr. Ecker hatte für beide Muskeln zweifelhaft gelassen, ob die Scheidewand alle Fasern unterbreche, und vom Semimembranosus hatte er angegeben, dass sie den Muskel in schräger Richtung in eine vordere und hintere Hälfte theile. Hr. Hermann behauptet für beide Muskeln mit grösster Schärfe Unterbrechung aller Fasern in der Art, dass der Muskel in einen oberen und einen unteren Abschnitt zerfalle, aus deren einem die Zusammenziehung, wenigstens am entnervten Muskel, nicht auf den anderen übergehe; und er gründet hierauf eine Kritik der Versuche, durch welche Hr. Aeby[3]) und später Hr. Bernstein[4]) die Geschwindigkeit der Reizung im Muskel maassen.

Ich selber habe mich des Gracilis und Semimembranosus oft als regelmässiger Muskeln bedient, namentlich des ersteren, denn am Semimembranosus hatte ich schon eine andere Ab-

---

1) Pflüger's Archiv u. s. w. 1875. Bd. X. S. 49.

2) Die Anatomie des Frosches. Braunschweig 1864. S. 113. 114. Fig. 81. 82.

3) Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in der quergestreiften Muskelfaser. Braunschweig 1862.

4) Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskelsysteme. Heidelberg 1871. S. 76 ff.

weichung beschrieben, welche darin besteht, dass der Muskel in einem Theile seiner Länge von unten nach oben neue Fleischbündel ansetzt, die von beiden Seiten eines an seinem äusseren Umfang emporsteigenden Sehnenstreifes entspringen.[1]) Die *Inscriptiones tendineae*, welche schräg über die Aussenfläche[2]) beider Muskeln verlaufen, waren mir nicht unbekannt; doch hielt ich sie für oberflächlich und hatte bisher keine Veranlassung, sie näher zu berücksichtigen.

Aus Gründen, welche bald erhellen werden, habe ich jetzt diesen Punkt genauer untersucht. Ich gelangte leicht zum Ziele mittels des Verfahrens, welches mir zur Darstellung der facettenförmigen Endigung der Muskelfasern an den Sehnenspiegeln des Gastroknemius und Triceps so nützlich ward.[3]) Die Muskeln wurden leicht ausgespannt, mit Platindraht auf Glasstreifen von etwa 6 Mm. Breite und 40—50 Mm. Länge befestigt, und in das bekannte Gemenge von Salpetersäure und krystallisirtem chlorsaurem Kali gelegt. Das Immobilisiren der Muskeln erfüllt den wichtigen Zweck, zu verhindern, dass sie in der isolirenden Flüssigkeit zu unförmlichen Klumpen sich zusammenballen. Nach hinreichender Einwirkung des Gemenges geht der Muskel da, wo eine sehnige Scheidewand vorhanden ist, bei sanfter Berührung auseinander, und in den Trennungsflächen unterscheidet man mit der Lupe die sammetartige Mosaik der Faserenden. So sind folgende Ergebnisse gewonnen.

In Fig. 3 zeigt *G* die Innenfläche (s. Anm. 2) des rechten Gracilis. Der hintere Rand des Muskels, in der Figur der linke, wulstet sich nach innen vor, und giebt dadurch Anlass zur Bildung einer Falte, in der bei × der Hilus liegt. Die über den Muskel ausgezogene Curve ist der Rand der Scheidewand an der dem Beschauer zugekehrten Innenfläche; ihr gleichsam durch den Muskel hindurch gesehener Rand an der

1) Dies Archiv, 1863. S. 679.

2) Aussen- und Innenfläche der Muskeln heissen im Folgenden beziehlich die dem Lymphraum und die dem Knochen zugewandten Flächen der Muskeln.

3) Monatsberichte der Akademie u. s. w. 1872. S. 802.

dem Beschauer abgewandten Aussenfläche ist gestrichelt. Der Theil der Scheidewand, welcher eine perspectivische Ansicht

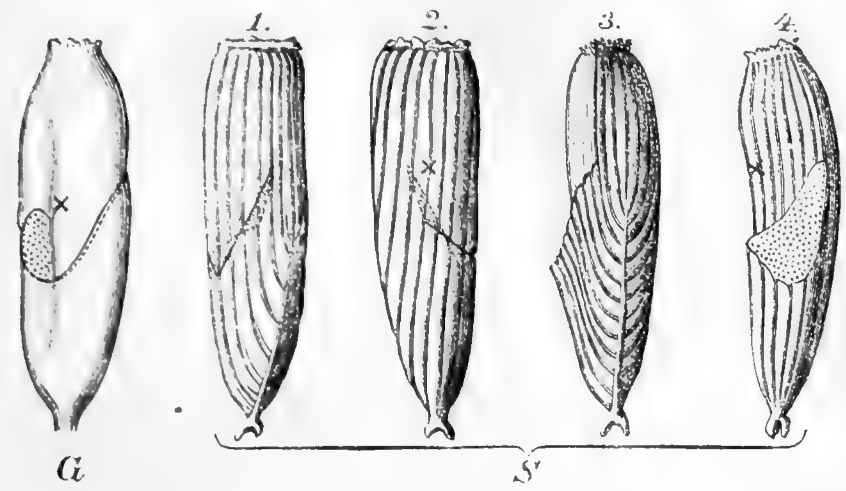


Fig. 3.

gewährt, ist getüpfelt. Wie man sieht, ist der obere Muskelabschnitt im Allgemeinen keilförmig in den unteren, schwalbenschwanzförmigen Abschnitt eingelassen. Aber die Gestalt der Inscription ist nicht dieselbe an beiden Flächen. An der Aussenfläche bildet sie bei sonst stetigem Verlauf eine nach hinten verschobene stumpf lancettförmige Spitze nach unten. An der Innenfläche macht sie an der oben erwähnten Falte einen Sprung in der Faserrichtung, so dass einander berührende Fasern in verschiedener Höhe unterbrochen sind. Der so entstehende spitze Zipfel liegt in gleicher Höhe mit der stumpfen Spitze an der Aussenfläche. Dies war der nächste Punkt, wo in Hrn. Aeby's Versuchen die von dem Elektrodenpaar am unteren Muskelende ausgehenden Stromschleifen Enden durchgehender Fasern trafen.[1])

Die vier anderen Abbildungen beziehen sich auf den rechten Semimembranosus. S_1 zeigt seine Aussen-, S_2 seine Innenfläche. Beidemal ist der Rand der Scheidewand an der dem Beschauer zugekehrten Fläche ausgezogen, an der anderen gestrichelt. Die perspectivisch sichtbare Grenzfläche ist getüpfelt. Man bemerkt sogleich, dass die Scheidewand nicht den

---

1) Vergl. Aeby in Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie u. s. w. 1875. Bd. XI. S. 465.

ganzen Muskel in zwei Abschnitte trennt, sondern fast wie die Narbe eines schräg von unten und hinten nach oben und vorn geführten Hiebes nur etwa zwei Drittel des Muskels durchdringt. Nichts ist leichter, als ohne jede weitere Maassnahme sich davon schon an dem von der Haut entblössten Muskel *in situ* zu überzeugen, wo er den Anblick wie in S_1 darbietet. S_3 und S_4 zeigen den Muskel beziehlich von seinem äusseren und seinem inneren Rand aus gesehen, nachdem von dem Theile des Muskels, dessen Fasern unterbrochen sind, der obere Abschnitt entfernt wurde. Eine mächtige Fasermasse verläuft, wie man sieht, ununterbrochen vom oberen Ende des Muskels bis nahe an das knorpelige Hufeisen, durch welches der Muskel an der Tibia sich befestigt; die Länge ihrer längsten Fasern beträgt gegen 0·9 der Muskellänge.

Daraus erklärt sich Hrn Bernstein's Erfolg, da in seinen Versuchen Gracilis und Semimembranosus zugleich angewendet wurden.[1]) Wenn auch nur einem Theile der eine Muskelmasse zusammensetzenden Fasern eine Zuckungswelle entlang läuft, entsteht doch eine dem Querschnitt der Masse einigermaassen proportionale Verdickung am Ort der Welle, weil die nicht selbstthätig anschwellenden Fasern, um die Verkürzung mitzumachen, zickzackförmig sich lagern, wie man bei mikroskopischer Beobachtung des Tetanus bekanntlich an ermüdeten Fasern sieht.

Wer, wie Hr. Hermann, überall zum Meister sich aufwirft, sollte sich doppelt vor so fatalen Fehlern hüten, wie mit einem Ausrufungszeichen zu verkünden, dass auch der Semimembranosus durch seine Scheidewand ganz vollständig unterbrochen werde, und darauf neuen herben Tadel zu gründen, wenn er nur die Augen aufzumachen brauchte, um sich eines Besseren zu belehren.

Der Nerv des Gracilis theilt sich, wie schon Hr. Aeby

---

1) Hr. Hermann hat schon darauf aufmerksam gemacht (a. a. O. S. 49), dass Hr. Bernstein irrthümlich den Gracilis und Semimembranosus die beiden Adductoren, den Semitendinosus Biceps nennt (Untersuchungen über den Erregungsvorgang u. s. w. S. 80).

bemerkte,[1]) in einen Ast für den oberen und einen für den unteren Abschnitt des Muskels. Bei gleichzeitiger Innervation beider Aeste hat diese Einrichtung grössere Geschwindigkeit der Wirkung des Muskels zur Folge. Warum im Semimembranosus nur ein Theil der Fasern desselben Vortheils geniesse, ist leichter zu fragen als zu sagen.

Die Fasern beider Muskeln stossen an die sie unterbrechende Scheidewand jederseits mit ziemlich gut ausgebildeten Facetten, nach Art der Fasern der Seitenrumpfmuskeln der Fische.[2]) Es werden also den Scheidewänden entlang jederseits Neigungsstromkräfte herrschen, bei gleicher Parelektronomie jedoch in der Ruhe einander aufheben. Dass dies gewöhnlich der Fall sei, folgt daraus, dass gerade am Gracilis das Gesetz des Muskelstromes, mit Inbegriff der Neigungsströme, am sichersten und reinsten sich darstellt. Auch bei mittelbarem Tetanus müssen jene Krafte einander aufheben. Deshalb haben wir die Kenntniss der sehnigen Scheidewände bisher ohne Schaden entbehrt. Sie hätte uns indess eine Auskunft mehr geboten, um die Unregelmässigkeiten zu erklären, auf die wir am tetanisirten Gracilis bei Ableitung des Stromes von verschiedenen Längsschnittspunkten stiessen. (S. oben I. S. 536).

Es erschien jetzt wünschenswerth, für gewisse Gelegenheiten neben dem Sartorius, der so leicht abstirbt und dessen Nerv so zart ist, und dem Cutaneus femoris, mit dem vollends nichts anzufangen ist, noch einen regelmässigen monomeren Muskel zu besitzen. Ich fand einen solchen, für manche Zwecke ganz tauglichen, in dem von Hrn. Ecker als Adductor magnus[3]) bezeichneten Oberschenkelmuskel vom Frosche. Zwar hängt dieser Muskel oben mit dem einen Kopfe des Semitendinosus, unten mit dem Adductor longus Ecker zusammen. Doch lassen beide Verbindungen ohne Verletzung

1) A. a. O. S. 48. 49.

2) Monatsberichte der Akademie u. s. w. 1872. S. 811.

3) Die Anatomie des Frosches. Braunschweig 1864. S. 116. Fig. 83. 84. Man wird sich hüten müssen, den Muskel seinem Namen nach mit dem früher von mir (nach Cuvier) Adductor magnus genannten Gracilis zu verwechseln. Dies Archiv, 1867. S. 263. Anm. 2.

unseres Muskels sich lösen; unten bleiben Stoppeln des Adductor longus stehen, sterben aber unstreitig so schnell ab, dass nichts auf sie ankommt. Das untere Ende des Muskels bildet, wie Hr. Ecker es ausdrückt, eine Art Muskelrohr um das Femur, und lässt sich ohne Verletzung nicht davon trennen. Daher der Muskel sich nicht wohl dazu eignet, das Gesetz des Muskelstromes mit natürlichem Querschnitt daran zu erweisen. Dagegen kann man ihn gut im Muskelspanner mittelbar oder unmittelbar tetanisiren. Oben lässt man ihm ein Stück Becken, unten etwa das untere Drittel des Femur und den Kopf der Tibia, die man mittels einer um das Knie gelegten Fadenschlinge an die eine Elfenbeinplatte des Spanners befestigt. Der Nerv des Adductor magnus ist so viel leichter darstellbar als der des Sartorius, Gracilis und Triceps, dass es einer besonderen Vorschrift dafür, wie für die Nerven jener Muskeln (S. oben I. S. 521. 542. 556), nicht bedarf.

4. Hrn. Hermann's Theorie vermag auch bei den günstigsten ihr gemachten Zugeständnissen die Erscheinungen der negativen Schwankung nicht zu erklären.

Wenn es im Vorigen scheinen konnte, als verweile ich über Gebühr bei Betrachtungen, aus denen schliesslich nichts sich ergab, als wie wenig wir davon wissen, auf welche Art die Muskeln erregt werden: so geschah dies nicht unabsichtlich. Es lag mir daran, den Leser an die unsichere Beschaffenheit des Bodens zu erinnern, auf dem wir uns bewegen. Dies ist der Flugsand, auf welchem Hr. Hermann nach seiner eigenen Erklärung[1]) seine Lehrgebäude mit Vorliebe aufführt. Wir sahen schon, was seine Theorie der negativen Schwankung werth ist, wenn zufällig und trotz allem Anschein, Hr. Gerlach in Betreff der motorischen Nervenendigungen doch Recht behalten sollte (S. oben S. 168). Aber wie steht es um diese Theorie, auch wenn Hr. Gerlach sich irrte, wenn aber die oben S. 348, 349 geäusserten Zweifel sich bestätigten, und es sich zeigte, das der Muskel nicht umsonst bis nahe an seinen Enden

1) Lud. Hermann, Weitere Untersuchungen zur Physiologie der Muskeln und Nerven. Berlin 1867. S. 67.

Nerven hat, sondern bei stärkerer Reizung innerhalb des ganzen nervenhaltigen Bezirkes erregt wird? Dann hätte die Reizwelle nur die wenig Millimeter lange Bahn der nervenfreien Enden zu durchlaufen, und wird Hr. Hermann behaupten, dass sie schon in so kurzer Strecke hinreichend abnehme?

Doch ich verschmähe es, in dieser Trübe zu fischen. Ich will vielmehr von den Hrn. Hermann günstigsten Annahmen ausgehen, 1. dass die Reizwelle im Muskel abnehme; 2. dass jede Muskelfaser eines regelmässigen monomeren Muskels nur an Einem Punkt ihrer Länge erregt werde. Der Einfachheit halber setze ich ferner voraus, dass dieser Punkt die Mitte des Muskels sei, oder dass sämmtliche Endplatten in der Mitte der Muskellänge liegen. Es wird sich zeigen, dass die Folgerungen aus dieser Annahme dem in Wirklichkeit stattfindenden Verhalten angepasst werden können. In der die Endplatten enthaltenden Querebene, also am Aequator des Längsschnittes, befinde sich die eine ableitende Thonspitze, während die andere das sehnige Ende oder dort angelegten künstlichen Querschnitt berührt. Wird der Nerv erregt, so laufen also, jeder Reizung entsprechend, Reizwellen von der Mitte des Muskels nach seinen beiden Enden.

Wir nehmen der Einfachheit halber an, dass die augenblicklichen Reizungen, die wir den Muskel treffen lassen, einander in solchem Zeitabstande folgen, dass die Welle Zeit hat, am Aequator zu entstehen, nach dem Ende des Muskels zu laufen, und dort zu vergehen. Den Zeitraum zwischen je zwei Reizungen theilen wir in drei Abschnitte, einen Abschnitt T_1, während dessen die Welle unter der Spitze am Aequator hindurchgeht, einen Abschnitt R, während dessen sie zwischen den ableitenden Spitzen wandert, und einen Abschnitt T_2, während dessen sie sich am Querschnitte befindet. Wir wollen vorläufig setzen $T_1 = T_2 = T$. Auch nehmen wir, wie bei Erörterung der Versuche am Elektrodynamometer (S. oben II. S. 641), rechteckige Gestalt der Zähne der Doppelktenoide an, als welche man die aus abwechselnd positiven und negativen Wellen bestehende Curve bezeichnen kann. Die Wirkung des Muskels in der Ruhe, oder im Zeitabschnitt R, sei $\mathfrak{M}$, seine Wirkung

im Abschnitt T_1 sei $\mathfrak{M}_1$, die im Abschnitt T_2, $\mathfrak{M}_2$. Dann wird die Wirkung im Tetanus sein

$$\frac{R\,\mathfrak{M} + T(\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2)}{R + 2\,T.},$$

und die Schwankung

$$S = (2\mathfrak{M} - \mathfrak{M}_1 - \mathfrak{M}_2) \cdot \frac{T}{R + 2T}$$

Denkt man sich nun den Muskel stromlos, d. h. nach Hrn. Hermann völlig unversehrt, und die Reizwellen nach den Enden des Muskels zu abnehmend, so muss bei Zuckung oder Tetanus in der That Wirkung im richtigen Sinn entstehen. Sei (um Hrn. Hermann's Hypothese genauer auszudrücken) Δ der elektromotorische Unterschied zwischen ruhender und absterbender oder thätiger Muskelsubstanz, und $\Delta - \delta$ der Unterschied zwischen ruhender Substanz und der Substanz in dem Thätigkeitsgrade, der wegen Abnahme der Reizwelle noch am Ende des Muskels herrscht. Dann ist

$$\mathfrak{M} = 0,\ \mathfrak{M}_1 = -\Delta,\ \mathfrak{M}_2 = \Delta - \delta.$$

Man hat

$$S = \delta \cdot \frac{T}{R + 2\,T}$$

Legt man künstlichen Querschnitt an, so erzeugt man eine absterbende Schicht, zwischen welcher und ruhendem Muskel der Unterschied Δ herrscht. Nun ist schon während der Ruhe Strom da. Im Augenblick, wo die Reizwelle am Aequator entsteht, wird der Strom Null, weil die Thonspitze dort thätige, die Thonspitze am Querschnitt absterbende Substanz berührt, welche beide gleich negativ gegen ruhende Substanz sein sollen. Vom Augenblick an aber, wo die Reizwelle unter der Aequatorspitze hindurchging, ist der Strom wieder in voller Stärke da. Denn nach einer von Hrn. Hermann's zahllosen Hülfshypothesen *ad hoc* bilden ruhende, thätige und absterbende Muskelsubstanz eine Volta'sche Spannungsreihe.[1]) Diesmal ist also $\mathfrak{M} = \Delta$, $\mathfrak{M}_1 = 0$, $\mathfrak{M}_2 = \Delta$, folglich

$$S = \Delta \cdot \frac{T}{R + 2\,T}.$$

S ist beidemal positiv; und da $\Delta > \delta$ und

$$\frac{\delta}{0} > 1,$$

1) Pflüger's Archiv u. s. w. 1871. Bd. IV. S. 177. 178.

sieht es fast so aus, als seien die oben S. 125. 152 gestellten Bedingungen erfüllt, und als vermöchte Hrn. Hermann's Hypothese sogar Rechenschaft von unseren neuen Thatsachen zu geben, dass die Schwankung bei künstlichem die bei natürlichem Querschnitt absolut übertrifft, und dass das Verhältniss der Schwankung zum Strom in der Ruhe bei natürlichem Querschnitte grösser ist als bei künstlichem.

Allein damit ist auch ihre Leistung zu Ende. Sobald statt dieser Grenzfälle der allgemeine Fall eintritt, dass der Muskel mässig parelektronomisch ist, was Hr. Hermann dahin auslegt, dass am Querschnitt eine Schicht sich befindet, welche minder schnell abstirbt, als die Schicht am künstlichen Querschnitt, herrscht nur noch Dunkel. Sei $\Delta - d$ die Kraft zwischen dieser Schicht und ruhender Substanz. Im Augenblick, wo die Reizwelle unter der Längsschnittsspitze verweilt, entsteht negative Schwankung im Betrage von $-\Delta + d$. Was aber wird geschehen im Augenblicke, wo die Welle am Querschnitt anlangt? Hrn. Hermann's Andeutungen über seine Hypothese lassen uns dieser Frage gegenüber völlig im Unklaren. Etwas Nutzloseres, als die hier in seinem Sinn etwa denkbaren Möglichkeiten zu zergliedern, dürfte es nicht geben. Wenn man es nicht scheut, Hülfshypothesen *ad hoc* aufeinander zu häufen, wird es aber freilich auch unter diesen Bedingungen glücken, negative Schwankung von passender Stärke herauszubringen.

Betrachten wir jetzt den Zustand höherer Parelektronomie, in welchem schon der ruhende Muskel negativ wirkt. Schon die Erklärung dieses Zustandes an sich bereitet Hrn. Hermann unüberwindliche Schwierigkeiten. Bekanntlich fasst er die Parelektronomie als „Indolenz" der Muskelsubstanz auf, welche durch die Kälte zu träge zum Absterben werde, und der natürliche Querschnitt erscheint ihm, den schlagendsten Gründen entgegen,[1] sonst als vulnerabelster Theil des Muskels. Jetzt muss er annehmen, dass dieselben Umstände, welche bei mässiger Einwirkung den Muskel mässig, bei stärkerer Einwirkung ihn mehr „indolent" machen, bei noch stärkerer

1) Dies Archiv, 1871. S. 603 ff.

Einwirkung ihn wieder weniger „indolent“ machen, und dass dabei zugleich der Querschnitt der weniger vulnerable Theil wird. Aber die Verlegenheit wird noch schlimmer durch die absolut negative Schwankung solchen Muskels im Tetanus. Er wird nämlich dadurch zur Annahme gezwungen, dass die vulnerablere, schneller absterbende mittlere Gegend des Muskels stärkere negative Schwankung hat, als die vergleichsweise unversehrte Schicht, welche an den Querschnitt stösst. Es bleibt ihm nichts übrig, als mittels neuer Hypothesen *ad hoc* sich auch über diesen Widerspruch hinwegzusetzen.

Die innere Nachwirkung kann Hr. Hermann erklären. Bei künstlichem Querschnitte bleibt der Längsschnitt noch eine Zeitlang negativer zurück. Bei natürlichem Querschnitt übertrifft die hinterbleibende Negativität des Aequators die des Querschnittes. Wäre nur überhaupt verständlich, wie der Muskel, nachdem er durch einen dem Absterben vergleichbaren Vorgang negativ ward, seine natürliche Beschaffenheit im Nu fast vollständig wiedergewinnt.[1])

Was die terminale Nachwirkung betrifft, so wäre ich begierig zu sehen, wie Hr. Hermann damit fertig wird. Sie beruht erfahrungsmässig auf einer am natürlichen Querschnitte bei der Zuckung sich bildenden elektromotorischen Fläche, welche von innen nach aussen wirkt. Ich vermag mir keine Combination auf den von Hrn. Hermann aus der Luft gegriffenen Grundlagen zu denken, welche zur Entstehung solcher Fläche führte.

Den verschiedenen Verlauf der Zuckung bei künstlichem und natürlichem Querschnitt vermag Hr. Hermann scheinbar wieder zu erklären. Da er bei natürlichem Querschnitt die negative Schwankung aus zwei Schwankungen, einer positiven und einer negativen, entstehen lässt, von denen letztere siegt, so verfügt er, wie man meinen sollte, formell dazu über ähnliche Mittel, wie wir (S. oben S. 156). Unmittelbare Erfahrung zeigt aber (S. unten), dass in seinem Falle diese Mittel nicht hinreichen.

Wenn die negative Schwankung der Ausdruck verschiedener Grösse der Reizwelle an den beiden abgeleiteten

1) Vergl. Monatsberichte u. s. w. 1867. S. 621.

Punkten ist, so muss sie mit diesem Unterschied abnehmen, also unter anderem mit der Länge des Weges, den die Welle zwischen beiden Punkten zurücklegt; sei's dass die Spannweite des ableitenden Bogens kleiner, sei's dass der Muskel kürzer ist.

An einem regelmässigen, wegen Parelektronomie stromlosen Muskel, der vom Nerven aus tetanisirt wird, müsste also, nach Hrn. Hermann, bei Ableitung vom natürlichen Querschnitt und von einem diesem nahen Punkte des Längsschnittes, die Schwankung bei gleichem Widerstande sehr klein sein im Vergleiche zu der bei Ersatz letzteren Punktes durch den Aequator. Dagegen dürfte sie nicht merklich zunehmen, wenn, während die eine Spitze am Aequator liegen bliebe, die andere von einem dem sehnigen Ende nahen Punkt auf natürlichen Querschnitt rückte. Bei künstlichem Querschnitt dagegen müsste sie unabhängig von der Spannweite des ableitenden Bogens sein. Bei mittlerer Parelektronomie, wobei Hrn. Hermann's Hypothese, wie man sah, überhaupt ganz unklar ist, lässt sich ohne Hülfshypothesen über das entsprechende Verhalten Nichts aussagen; und vollends von dem wegen Parelektronomie negativ wirksamen Muskel kann gar nicht weiter die Rede sein. Nach meiner Lehre ist beim Tetanisiren des Muskels vom Nerven aus in allen Fällen die Schwankung dem Strom in der Ruhe proportional; was am stromlosen Muskel soviel heisst, wie dass in jeder Lage des Bogens die negative Schwankung in der verhältnissmässigen Stärke hervortritt, in welcher bei derselben Lage der positive Strom in der Ruhe nach Herstellung künstlichen Querschnittes sich zeigen würde. Obschon ich mich von diesem Verhalten schon vor langer Zeit überzeugte, und es auch mit den vollkommneren seitdem erfundenen Methoden in der Hauptsache bestätigt fand (S. oben I. S. 534), liess ich mich jetzt doch die Mühe nicht verdriessen, diesen Punkt nochmals ausdrücklich zu untersuchen. Bei jenen früheren Gelegenheiten hatte ich die Aenderung des Widerstandes bei verschiedener Spannweite des Bogens nicht berücksichtigt. Da diese Aenderung den Strom des ruhenden Muskels ebenso wie die Schwankung beeinflusst, kommt eigentlich hierauf nichts an; um aber Alles versucht zu haben, schaltete

ich jetzt ein Widerstandsrohr in den Kreis, wie wir es oben I. S. 530. 531. 600 ff. anwandten. Ich bekam an Sartorius, Adductor magnus und Gracilis bei verschiedenen Graden von Parelektronomie wieder nichts zu sehen, als Abnahme der Schwankung mit der Spannweite des Bogens. Doch ist zuzugeben, dass, da sowohl nach Hrn. Hermann als nach mir dieser Erfolg zu erwarten steht, und nur eine im Verhältniss zum Strom in der Ruhe übermässige Abnahme für Hrn. Hermann sprechen würde, wie sie gelegentlich auch aus anderen Gründen vorkommen kann, die Beweiskraft der Versuche keine unbedingte ist.

Die sehnige Scheidewand, welche den Gracilis in zwei etwa gleich lange Abschnitte theilt, bereitet Hrn. Hermann neue Schwierigkeiten. Denken wir uns, dass in jedem Abschnitt die Endplatten wieder in der mittleren Querebene des Muskels liegen, und dass der Gracilis vom Aequator und dem einen sehnigen Ende abgeleitet wird, so kann nach Hrn. Hermann die Schwankung nur dadurch entstehen, dass in jedem der Abschnitte die Wellen nach den Enden des Muskels zu stärker abnehmen, als nach dessen Mitte. Erstens sieht man dafür am unversehrten Muskel keinen Grund. Zweitens erscheint unbegreiflich, dass aus dem Unterschied in der Abnahme der auf- und abwärts laufenden Wellen stärkere Schwankung entstehen solle, als am Sartorius, wo nicht allein die Wellen sich nicht dergestalt von einander abziehen, sondern auch einen doppelt so langen Weg zurücklegen.

Am Semimembranosus müsste wegen dessen undurchbrochenen Theiles stärkere Schwankung als am Gracilis auftreten, wovon man nichts gewahr wird.

Aehnliche Schwierigkeiten bietet Hrn. Hermann der Gastroknemius. Am stromlosen, von Haupt- und Achillessehne abgeleiteten Gastroknemius kann er die negative Schwankung nur durch die neue Hülfshypothese erklären, dass die Wellen nach unten sehr viel schneller abnehmen als nach oben, so dass bei jeder Reizung der Neigungsstrom des Kniespiegels einen Augenblick die Oberhand gewinnt. Abermals ist dafür kein Grund einzusehen. Abermals ist unverständlich, wie aus dem Unterschied der Wellen, die fast genau denselben Weg zurücklegten, die mächtige Schwankung des Gastroknemiusstromes entspringen

solle, um somehr, als die Gastroknemiusfasern im Mittel etwa fünfmal kürzer sind, als die Sartoriusfasern (S. oben II. S. 663).

So steht es mit Hrn. Hermann's Hypothese, wenn ihm die beiden oben S. 357 erwähnten Zugeständnisse gemacht werden. Das eine dieser Zugeständnisse ist sichtlich falsch. Mit Ausnahme des Gastroknemius sind die Muskeln in weiter Ausdehnung nervenhaltig, mit anderen Worten, die Nervenendplatten liegen nicht in der Mitte der Fasern. Es scheint also an der Bahn zu fehlen, in der die Zuckungswelle abnehmen könnte. Allein unter der Voraussetzung, dass jede Faser nur am Ort der Nervenendplatte erregt wird, lässt sich für die Hermann'sche Hypothese annähernd dieselbe Grundlage gewinnen, wie wenn alle Fasern ihre Nervenendplatten in der Mitte trügen (S. oben ebenda).

Man denke sich zwei aneinanderliegende Fasern, deren eine die Nervenendplatte in der Entfernung ε vom einen, die andere in derselben Entfernung vom anderen Ende hätte. Die beiden Fasern werden vom Aequator und dem einen sehnigen Ende abgeleitet. Dann wird, wenn λ die Länge der Fasern ist, eine Schwankung durch Abnahme der Reizwelle übrig bleiben, welche, wenn diese Abnahme dem zurückgelegten Wege proportional erfolgte, einer Länge $= \frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2} + 2\varepsilon = 2\varepsilon$ entspräche. Sie würde also kleiner sein, als wenn sämmtliche Endplatten in der Mitte der Faserlänge lägen, oder als wenn $\varepsilon = \frac{\lambda}{2}$ wäre, und sie würde für $\varepsilon = 0$ verschwinden.

Wendet man diese Betrachtung auf die im Muskel vorhandenen Faserpaare an, deren Nervenendplatten in gleicher Entfernung vom Ende liegen, so gewinnt es den Anschein, als lasse die Hermann'sche Hypothese zur Noth sich auch mit der thatsächlichen Anordnung der Nervenendplatten im Muskel vereinigen. Allein man stösst dabei auf den Uebelstand, dass dann die Schwankung bei mittelbarer Reizung schwächer ausfallen müsste als bei unmittelbarer, während das Gegentheil der Fall ist.

Der Leser ist im Stande zu beurtheilen, ob viel darauf ankommt oder nicht. Gleichviel ob schon die erste Grundlage der Hypothese fehlerhaft ist oder nicht, sie trifft, wie man sah, auf soviel weitere Schwierigkeiten, dass ihr mit der Hinwegräumung des ersten Anstosses nicht geholfen ist.

5. Aus Hrn. Bernstein's Versuchen folgt nicht, dass im unversehrten Muskel die Reizwelle merklich abnehme.

Nun ist es Zeit, auch noch das andere Hrn. Hermann oben S. 357 gemachte Zugeständniss näher zu prüfen, die Annahme nämlich, dass die Reizwelle im Muskel abnehme. Hr. Hermann hatte ursprünglich diese Abnahme nur *ad hoc* erfunden. Seitdem hat er das Glück gehabt, dass Hr. Bernstein in Versuchen am Differential-Rheotom sie wirklich beobachtete. Regelmässige durch Curara entnervte Muskeln wurden vom einen Ende A aus unmittelbar gereizt. Zwei ableitende Thonspitzen α und β lagen symmetrischen Längsschnittspunkten an, α dem Ende A, β dem B näher. Es herrschte also kein Strom im Kreise; war einer da, so wurde er compensirt. Lief nun die Welle unter Spitze α fort, so entstand eine Schwankung im Sinne, dass α negativ gegen β wurde. Diese Schwankung heisst negativ, weil sie als solche sich darstellen würde, wenn Spitze β dem Ende B des Muskels selber anläge. Nach der Zeit, in welcher die Reizwelle von α nach β gelangt, folgt auf die negative Schwankung eine positive im Sinne, dass nun β negativ gegen α sich verhält. Wie kaum gesagt zu werden braucht, liegt die Erklärung der Erscheinung darin, dass die in Thätigkeit gerathende Strecke des Muskels minder stark elektromotorisch wirkt, und also negativ gegen den übrigen Muskel sich verhält, wie dies Czermak schon vom Wulste bei Hrn. Schiff's sogenannter „idiomusculären Contraction" nachgewiesen hatte.[1])

Hr. Bernstein stellt nun als Regel hin, dass die nega-

1) Wiener Sitzungsberichte. 1857. Bd. XXIV. S. 510; — Allgemeine Medicinische Central-Zeitung. 1861. XXX. Jahrgang 45. Stück. S. 353.

tive Schwankung an Grösse die positive übertreffe, was auf Abnahme der Reizwelle schliessen lasse, und in der That erkennt man dies Verhalten in 5 unter den 13 von ihm mitgetheilten Versuchsprotokollen (XXXIX, XLI, XLIX, L, LI).[1])

Allein es ist nicht zu übersehen, dass mit Ausnahme eines einzigen Versuches am Gracilis (XXIX) alle diese Versuche am Sartorius angestellt sind, einem schwächlichen Muskel, der vom Augenblicke der Präparation an meist rasch abstirbt. Daher in Hrn. Bernstein's Protokollen, welche im Ganzen 23 Versuche umfassen (von denen 13 hierher gehören), zehnmal die Bemerkung wiederkehrt, der Muskel habe nur schwach gezuckt, er sei unerregbar geworden u. d. m.[2]) Die Vermuthung liegt daher nahe, dass die Abnahme der Reizwelle in den Bernstein'schen Versuchen keine normale Erscheinung war, sondern darauf beruhte, dass die Muskeln schnell abstarben.

Ich will damit nicht sagen, dass in einer lebenden, blutumspülten Muskelfaser von unendlicher Länge die Reizwelle in's Unbegrenzte mit unverminderter Stärke fortlaufen würde. Ich halte aus theoretischen Gründen für höchst wahrscheinlich, ja für gewiss, dass mit der Zeit die Welle erlöschen müsste.[3]) Eine andere Frage aber ist, ob wohl die Abnahme der Welle so schnell geschehe, dass sie in einer 10—20 Mm. langen Strecke eines gut leistungsfähigen, vollends eines im lebenden unversehrten Körper befindlichen Froschmuskels bemerkbar werde. Eine so rasche Abnahme scheint nicht wohl vereinbar mit der Vorstellung, die wir uns von der Zweckmässigkeit organischer Einrichtungen machen. Zwar haben wir im Muskel schon mehrere Unzweckmässigkeiten erkannt,[4]) welche zeigen, dass auch diese vollkommenste aller Kraftmaschinen, gleich dem Gebild von Men-

---

1) Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskelsysteme. Heidelberg 1871. S. 64. 73—75.

2) Nämlich in den Versuchen XI, XIII, XVII, XX, XXVII, XXXVI, XXXIX, XLII, XLV, XLVI.

3) Vergl. Bernstein, a. a. O. S. 149 ff.

4) S. meine „Experimentalkritik der Entladungshypothese u. s. w." in den Monatsberichten der Akademie, 1874. S. 522.

schenhand, gleichsam nur ein Compromiss zwischen der angestrebten Leistung und den natürlichen Bedingungen ist. Um so abgeneigter werden wir der Annahme fernerer Unzweckmässigkeiten der Art sein, wie wir uns denn schon gegen die scheinbare Unzweckmässigkeit der Nervenvertheilung im Muskel abwehrend verhielten (S. oben S. 348). Dagegen kann man sehr gut sich denken, dass, je mehr der Muskel abstirbt, um so früher die Welle erlischt und um so tiefer sie in einer gegebenen Strecke sinkt, so dass ihre Abnahme in einem Froschmuskel bemerkbar wird. Schliesslich schreitet sie gar nicht mehr vor, und verharrt am Orte der Reizung selber als negativer Wulst der „idiomusculären Contraction“.

In der That dürfen wir wohl unbedenklich die Welle der negativen Schwankung der Zuckungswelle ungefähr proportional setzen. Dann aber ist der Vorgang, wie wir ihn am entnervten quergestreiften Muskel uns denken, buchstäblich so, wie ihn Hr. Engelmann am Ureter sah. Da der Ureter nach ihm in weiter Ausdehnung nervenlos ist, so lässt er sich füglich solchem Muskel vergleichen. „Man kann oft schon eine halbe Stunde nach „Oeffnung der Bauchhöhle beobachten“, sagt Hr. Engelmann, „dass von Zeit zu Zeit eine der spontanen Wellen, die kräftig „aus dem *Hilus renis* herauskommen, in ihrem Verlauf nach der „Blase schwächer wird und, meist schon im mittelsten Theile „des Ureter, erlöscht. . . . Endlich erhält man statt der peri„staltisch und antiperistaltisch vorschreitenden Wellen nur eine „locale lange anhaltende Zusammenschnürung in den unmittel„bar an den direct gereizten Fleck grenzenden Partieen, in „einer Ausdehnung von höchstens ½ bis einigen Millimetern.“ [1]) Es dauert also eine halbe Stunde, bis in dem, im Vergleich zu einem Froschmuskel, soviel längeren und zarteren Ureter des Kaninchens die Abnahme der Reizwelle dem Auge bemerkbar wird, und auch dann verläuft in einer der halben Länge eines Froschmuskels ungefähr entsprechenden Strecke die Welle noch ungeschwächt. Ja noch mehr. Bei hohem Leitungsvermögen des Ureters sah Hr. Engelmann sogar untermaximale Contractions-

---

1) Pflüger's Archiv u. s. w. 1869. Bd. II. S. 265.

wellen bis zu einem Maximum anschwellen, und dann im weiteren Verlaufe durch den Ureter anscheinend unverändert bleiben;[1]) so dass hier das von Hrn. Pflüger in den Nerven behauptete Anschwellen des Reizes, welches neuerlich wieder lebhafter angefochten wird,[2]) ein mit Augen sichtbares Seitenstück haben würde; es sei denn, dass das Anschwellen der Reizwelle in die Gegend des Ureters fiel, wo dieser noch Ganglienketten enthält.

In dem von Hrn. Kühne einst als „Porret'sches Phänomen am Muskel“ beschriebenen Versuche[3]) sieht man Zuckungswellen mit scheinbar ganz unverminderter Kraft von der Anode zur Kathode laufen.

Mustert man von diesem Standpunkt aus Hrn. Bernstein's Versuche, so bemerkt man zunächst, dass in 4 von seinen 13 Versuchen (XXIX, XXV, XLV, LIII) die positive Reizwelle die negative übertraf. Von diesen 4 ist der erste, XXIX, der einzige überhaupt am Gracilis angestellte Versuch. In den übrigen 5 von den 13 Versuchen kamen gar keine positiven Ausschläge zum Vorschein. Der Muskel war also sichtlich nicht im normalen Zustand, und in zweien dieser Fälle, XXXVI und XLII, steht ausdrücklich da: „Noch erregbar?“ und „keine Contraction mehr“ (S. oben S. 365.) Daher Hr. Bernstein selber sich einwendete, dass die negative Welle die positive in der Regel vielleicht deshalb übertreffe, weil die Erregbarkeit im Versuch abnahm. Er glaubte diesen Einwand dadurch widerlegen zu können, dass die Abnahme auch in Fällen sich kundgab, wo der Versuch mit Beobachtung der positiven Ausschläge anfing.[4]) Dies schliesst aber die Möglichkeit nicht aus, dass schon im Beginn des Versuches die Erregbarkeit soweit gesunken war, da die negative Schwankung die positive

---

1) Ebend. 1870. Bd. III. S. 289. 321.

2) S. Ernst Fleischl in den Wiener Sitzungsberichten. 1875. Bd. LXXII. Abth. III. Separatabdruck; — Hällstén, Irritabiliteten på olika ställen af samma nerv. Finska Läkare-Sällskapets Handlingar. Helsingfors 1875. H. 2; — in diesem Archiv, oben, S. 242 ff.

3) Dies Archiv, 1860. S. 642; — Vergl. Monatsberichte u. s. w. 1860. S. 902.

4) A. a. O. S. 64.

übertraf. Nimmt man einen dem Tode nahen Muskel, so wird man, mit Untersuchung der positiven Schwankung beginnend, vielleicht gar keine Wirkung mehr erhalten, während noch deutlich negative Schwankung erscheint.

Endlich ist zu bemerken, dass Hrn. Bernstein's Versuche im Grunde für unseren Zweck nicht beweisend sind. Dazu müsste man den ganzen Verlauf der negativen und positiven Schwankung aufnehmen, und anstatt der Maximalordinaten die von Curve und Abscissenaxe umschlossenen negativen und positiven Flächenräume mit einander vergleichen.[1])

Noch gehört hierher Hrn. Bernstein's Versuchsreihe über Geschwindigkeit der Reizung im Muskel, insofern wir die Zuckungswelle der Reizwelle ungefähr proportional setzen, in diesen Versuchen aber eine Abnahme der Zuckungswelle scheinbar bemerkbar wurde. Diesmal bediente sich Hr. Bernstein, wie wir oben S. 354 sahen, nicht nur nicht des Sartorius, sondern sogar der noch zusammenhängenden Mm. gracilis und semimembranosus. Die entnervten Muskeln wurden abwechselnd von einer Stelle *a* und einer weit davon entlegenen Stelle *b* aus gereizt, und die Verdickung des Muskels an der Stelle *a* in beiden Fällen gemessen. Sie war kleiner bei Reizung von *b* aus, so dass, um sie von *a* und *b* aus gleich zu erhalten, wie der Zweck des Versuches es verlangte, bei *b* ein stärkerer Reiz angewandt werden musste. Stets lag dabei, wie Hr. Bernstein ausdrücklich angiebt, *a* dem oberen, *b* dem unteren Ende des vereinten Gracilis und Semimembranosus möglichst nahe. Es ist nicht wahrscheinlich, dass die Muskeln in diesen Versuchen schnell abstarben.

Allein ein anderer Umstand beraubt letztere jeder Beweiskraft hinsichtlich der Abnahme der Zuckungswelle. Der am Punkte *b* angebrachte Reiz schritt im Gracilis nur bis zur sehnigen Scheidewand fort, welche den Muskel in einen oberen und einen

1) Diese Bemerkung ist um so wichtiger, als, wie Hr. Bernstein, nachdem ich sie niederschrieb, mir brieflich mittheilte, die an Höhe abnehmende Reizwelle an Dauer wächst, was seine Fig. 7 nicht zeigt. Unserer Annahme $T_I = T_2$ auf S. 357 entgegen, ist $T_2 > T_1$, und die längere Dauer der Welle compensirt vielleicht ganz ihre geringere Höhe.

unteren Abschnitt theilt. Im Semimembranosus geschah theils dasselbe, theils ergriff von den durchgehenden Fasern der Reiz nur die, welche unterhalb der Stelle *b* entsprangen. Es ist also natürlich, dass die von *b* aus in *a* erregte Welle kleiner ausfiel als die in *a* selber erzeugte, und eher wunderbar, dass es gelang, durch Verstärkung des Reizes in *b* den Unterschied auszugleichen.

Auch Hr. Hermann selber hat seitdem Versuche über Geschwindigkeit der Reizung im Muskel angestellt.[1]) Da er die Abnahme der Zuckungswelle auch im lebenden unversehrten Körper als ausgemacht ansieht, und, abgesehen von einem Schildkrötenmuskel, wieder des Froschsartorius sich bediente, so konnte er Neues über unsere Frage nicht beibringen.

6. Neue Versuche über die angebliche Abnahme der Reizwelle im Muskel. Es fehlt an jedem Grund anzunehmen, das sie im lebenden unversehrten Muskel abnehme, was Hrn. Hermann's Theorie vollends stürzt.

Natürlich habe ich mich nicht auf diese kritischen Betrachtungen beschränkt, sondern zur Aufklärung meiner Zweifel eigene Versuche unternommen. Es giebt eine einfache Art zu ermitteln, ob die Reizwelle im Muskel abnehme oder nicht, bei welcher nöthigenfalls ein einziger, wenig Secunden dauernder Versuch sichere Antwort ertheilt, so dass der Muskel wenigstens während des Versuches nicht mehr an Erregbarkeit verliert, als die Erregung es mit sich bringt.

Man denke sich einen regelmässigen monomeren Muskel entnervt und im Muskelspanner immobilisirt, und jedem seiner Enden *A* und *B* ein Elektrodenpaar in Verbindung mit der Nebenrolle des Schlitteninductoriums angelegt. Die Elektroden sind entweder zwei Thonspitzen, oder eine Thonspitze und ein das entsprechende Knochenstück berührendes Thonschild eines Zuleitungsgefässes. In solcher Entfernung von der nächsten Thonspitze, dass man vor Stromschleifen sicher ist, liegen elektromotorisch

---

1) Pflüger's Archiv u. s. w. 1875. Bd. X. S. 50.

symmetrischen Längsschnittspunkten α und β zwei Thonspitzen als Enden des Bussolkreises an. Es herrscht kein in Betracht kommender Strom. Nun wird von A aus tetanisirt. Wäre der Muskel nicht entnervt, und würde er vom Nerven aus tetanisirt, so bliebe erfahrungsmässig das Gleichgewicht so gut wie ungestört. Am entnervten Muskel aber erregt jeder Inductionsschlag eine dem Muskel entlang laufende Welle, welche, nach Hrn. Bernstein, an der Bussole erst negative, dann positive Schwankung erzeugt. Erstere findet statt, wenn die Welle unter α, letztere, wenn sie unter β hindurch geht. Sind beide gleich, so muss der Bussolspiegel in Ruhe bleiben. Nimmt die Welle von α nach β hin ab, so überwiegt die negative Wirkung, und es muss im Muskel ein Strom im Sinne der fortschreitenden Welle, von α nach β, erscheinen. Nähme die Welle zu, so müsste ein Strom ihrem Lauf entgegen, von β nach α, entstehen. Legt man eine Wippe um, welche Elektrodenpaar A statt B in den tetanisirenden Kreis bringt, so muss, unter denselben Annahmen, der Strom umgekehrt fliessen. Um diese Wirkungen von Stromschleifen zu unterscheiden, bringt man ausser der A und B miteinander vertauschenden Wippe noch eine Wippe an, welche in dem gerade angewendeten Elektrodenpaare die Inductionsschläge umkehrt.

Ich habe eine grosse Anzahl solcher Versuche angestellt. Ich bediente mich des Sartorius, des Adductor magnus, des Semimembranosus und des Gracilis. Man könnte glauben, dass die beiden letzteren Muskeln durch ihre Scheidewand hierfür unbrauchbar gemacht seien. Doch kann in Hrn. Hermann's Sinne die Scheidewand keine andere Wirkung üben, als dass sie den Weg der Welle verkürzt. Der Erfolg dieser Versuche war, dass man am Sartorius stets negative Schwankung, als Zeichen der Abnahme der Welle, erhält. An den mehr leistungsfähigen Muskeln erhält man bei längerer Dauer der Versuche freilich auch negative Schwankung. Zu Anfang dagegen ist die Schwankung manchmal positiv, nicht selten doppelsinnig, erst positiv, dann negativ.

Die Wirkungen sind stets nur klein, und oft nur spurweise vorhanden. Bei den in der ersten Abtheilung (S. 517. 518) geschilderten Verhältnissen der Bussole belaufen sich die positiven Wir-

kungen in der Regel auf 5—10sc, die negativen auf 20—30sc; selten sieht man welche letzterer Art von 70—80sc.

Die positiven Schwankungen rühren weder von Stromschleifen, noch, wie ich anfangs glaubte, daher, dass die intrapolare Strecke den Muskel an sich zieht, noch endlich von Neigungsströmen der Scheidewände am Gracilis und Semimembranosus, denn sie kommen auch am Adductor magnus vor, und überdies würde bei Berücksichtigung der Neigungsströme die Theorie negative Wirkung verlangen. Ich will übrigens nicht behaupten, dass die positiven Wirkungen auf Zunahme der Reizwelle zu deuten sind. Ich vermag sie nicht sicher zu erklären. Gewiss ist nur, dass der endliche Sieg der negativen Wirkung auf Rechnung des Absterbens des Muskels zu bringen, dass sie anfangs unmerklich, wenn überhaupt vorhanden, und jedenfalls viel zu unbedeutend ist, um in Hrn. Hermann's Sinne sie zur Erklärung der negativen Schwankung unter den gewöhnlichen Umständen zu verwenden.

Ursprünglich entnahm ich die zu diesen Versuchen bestimmten Muskeln curarisirten Fröschen. Da nicht entnervte Muskeln bei Versuchen über die Geschwindigkeit der Zuckungswelle bekanntlich nicht anders sich verhalten als entnervte[1]), erwartete ich aber, dass diese Uebereinstimmung sich auch hier kundgeben würde, und wirklich war in Beziehung auf den Verlauf der Zuckungswelle, wie er in diesen Versuchen sich ausspricht, zwischen entnervten und nicht entnervten Muskeln kein sicherer Unterschied erkennbar.

Von Bedeutung ist, dass die Schwankung in diesen Versuchen völlig stetig verläuft; auch wenn sie doppelsinnig ist, sieht man den Faden zuerst nach der einen, dann nach der anderen Seite schnell und ohne Stockung sich bewegen. Hr. Hermann vermöchte also nicht, wie es beim ersten Anblick scheinen konnte, den neuerlich von mir beschriebenen verschiedenen Gang der Schwankung bei künstlichem und natürlichem Querschnitt aus dem von ihm angenommenen Wettstreit zweier Wirkungen zu erklären (S. oben S. 360).

1) Aeby, Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit u. s. w. S. 47. 48; — Hermann, in Pflüger's Archiv u. s. w. 1874. Bd. X. S. 53.

Wird der Versuch dahin abgeändert, dass man zwischen α und β die Quecksilberrinnen des Rheotoms einschaltet, und in A oder B mittels des Rheotoms tetanisirt, so ist er einerlei mit Hr. Bernstein's oben betrachteten Versuchen an Sartorien und an einem Gracilis. Die positiven und negativen Wirkungen, welche vorher unmittelbar gegeneinander abgewogen wurden, kommen bei verschiedenen Schieberstellungen jetzt einzeln zur Beobachtung, und können miteinander verglichen werden. Ich habe dergleichen Versuche mit dem nach Obigem zu erwartenden Erfolg angestellt. An schwachen, ermüdeten, absterbenden Muskeln überwiegt die negative, an kräftigen zuweilen die positive Schwankung. Ich sagte schon oben S. 368, weshalb diese Versuche in dieser Gestalt nicht beweiskräftig sind. Die Versuchsweise hat für unseren Zweck überdies den Fehler, dass die Leistungsfähigkeit der Muskeln unter dem häufigen Tetanisiren leidet (S. oben I. S. 585. II. S. 666).

Der Gracilis verhält sich dabei, trotz seiner Scheidewand, ganz wie ein undurchbrochener Muskel. Oefter als an anderen Muskeln wiegt an ihm die positive Schwankung vor, wie sich schon in Hrn. Bernstein's Versuchen zeigte (S. oben S. 367). Ich weiss nicht, ob dies seiner grösseren Leistungsfähigkeit, oder seinem Baue zuzuschreiben ist.

Nach dem Allen halte ich für ganz unerwiesen, dass im lebenden unversehrten Körper, bei nicht ermüdeten Muskeln, die Reizwelle innerhalb der Länge einer Muskelspindel merklich abnehme, und da dies in hohem Grad unwahrscheinlich ist, fehlt es an jedem Grunde, solche Abnahme anzunehmen.

Nach Hrn. Hermann sind die Muskeln im lebenden unversehrten Körper stromlos. Um zur Erklärung der negativen Schwankung an solchen Muskeln auch nur den ersten Grund zu legen, braucht Hr. Hermann die Abnahme der Reizwelle. Da sie nicht abnimmt, so fällt seine Theorie vorweg; aber auch wenn sie abnähme, ist diese Theorie, wie wir sahen, unhaltbar. Denn sie ist nicht allein unfähig, von vielen wichtigen, ja fundamentalen Erscheinungen Rechenschaft zu geben, sondern auch im offenbaren Widerspruch mit Thatsachen.[1]

[1]) Hr. Hermann hat kürzlich ein angebliches *Experimentum*

§. XXVI. Erörterung der negativen Schwankung mit Rücksicht auf die Lehre von der Reizwelle.

Schliesslich läge uns ob, die Thatsache, dass die Zusammenziehung sich wellenförmig von den erregten Punkten aus verbreitet, unsererseits in Rechnung zu ziehen, und eine darauf gegründete Theorie der negativen Schwankung im Tetanus zu versuchen. In vierfacher Beziehung weicht unsere Be-

---

crucis gegen das Vorherbestehen der elektrischen Gegensätze im Muskel beschrieben. Er hat eine Vorrichtung, welche einem im Bussolkreise befindlichen immobilisirten und compensirten Gastroknemius den Achillesspiegel schnell abstreift und eine kleine Zeit *t* darauf den Kreis öffnet. Sinkt *t* unter $\frac{1}{250} - \frac{1}{400}''$, so erfolgt kein Ausschlag mehr, während der entwickelte Strom während derselben Frist noch mehrere Scalentheile Ausschlag giebt. Hr. Hermann schliesst daraus, dass der elektrische Gegensatz zu seiner Entwickelung der Zeit *t* bedürfe (Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften. 1875. S. 705.).

Er muss doch einigermaassen betroffen gewesen sein, als auch dieser letzte Versuch, das Vorherbestehen der elektrischen Gegensätze zu widerlegen, so schlecht ausfiel. Er rechnete gewiss darauf, dass mindestens ein anständiger Bruchtheil der Secunde für die Entwickelung des Stromes nöthig sein würde. Recht störend ist auch für hn, dass die angebliche Stromentwickelung an stark parelektronomischen Gastroknemien trotz ihrer „Indolenz“ eben so schnell vor sich ging, wie sonst.

Wenn sein Versuch etwas beweist, so ist es das Gegentheil von dem, was Hr. Hermann erwartete. Jeder Sachverständige sieht, dass der Gastroknemius nur deshalb im ersten Augenblick keinen Strom giebt, weil er wegen der mechanischen Verletzung seiner Fasern in negativer Schwankung begriffen ist. Hr. Hermann unternimmt zwar durch verwickelte Schlüsse und das Ziel verfehlende Controlversuche zu beweisen, dass dies nicht der Grund des beobachteten Verhaltens sei. Seine Redensarten werden aber nur solche überzeugen, so an ihn glauben. Er thäte besser, offen einzugestehen, dass sein Versuch gegen ihn spricht, und diese unfruchtbaren Angriffe auf eine Wahrheit aufzugeben, die doch nun einmal nicht zu ändern ist. Die Natur kann doch nicht, damit Hr. Hermann Recht behalte, die Muskeln ihres Stromes berauben. Auf keine bessere Art könnte Hr. Hermann die Reihe der von ihm in diesem Gebiete begangenen Fehler in Vergessenheit bringen.

trachtungsweise von der eben zurückgewiesenen ab. Erstens ist uns die Zuckungswelle ein Ort, wo die Muskelsubstanz zeitweilig die in ihr vorherbestehenden Gegensätze ganz oder zum Theil eingebüsst hat, sei's durch Verminderung der elektromotorischen Kraft, sei's durch solche Lageänderung kleiner elektromotorischer Flächen, dass keine oder geringere Wirkung nach Aussen gelangt. Man kann daher theoretisch die Welle durch einen im Muskel wandernden Abschnitt ersetzen, den beiderseits eine negativ elektromotorische Fläche begrenzt. Zweitens haben wir zur Verfügung die stärker oder schwächer verkehrt wirkende parelektronomische Strecke am natürlichen Querschnitte, deren negativ elektromotorische Kraft bei der Zusammenziehung in geringerem Maass abnimmt, als die positive des Gesammtmuskels. Drittens berücksichtigen wir die terminale Nachwirkung, eine zeitweilige, mit der Dauer des Tetanus wachsende Verstärkung der negativen Kraft der parelektronomischen Strecke. Endlich viertens suchen wir ohne Abnahme der Reizwelle auszukommen, welche wir im lebenden unversehrten Körper läugnen; was nicht ausschliesst, dass sie im absterbenden und ermüdeten Muskel eine auch für uns beachtungswerthe Rolle spielen kann. Die innere Nachwirkung und die Ermüdung lassen wir, der Einfachheit halber, wie früher, vorläufig beiseite.

Die Grundlage für die Behandlung der negativen Schwankung von diesem neuen Gesichtspunkt aus wurde schon oben S. 357. 358 gegeben. Um die Schwankung zwischen Aequator und sehnigem Ende zur Zeit $t_{/}$ zunächst bei unmittelbarem Tetanisiren vom anderen Ende zu bestimmen, dient uns der Ausdruck für die Wirkung des tetanisirten Muskels, entsprechend dem U_{τ} unserer früheren Auseinandersetzungen (S. oben S. 125 [wo durch einen Druckfehler U_{ϱ} steht] und 152)

$$\frac{R\mathfrak{M} + T_1\mathfrak{M}_1 + T_2\,\mathfrak{M}_2}{R + T_1 + T_2},$$

in welchem wir der Einfachheit halber wieder $T_1 = T_2 = T$ machen (S. oben S. 357. 368).

Es ist $\mathfrak{M} = M - P - N_{(t_{/})}$,

$$\mathfrak{M}_1 = a'M - P - N_{(t_1)},$$
$$\mathfrak{M}_2 = M - na'P - na'N_{(t_1)},$$

wo $M, P, N_{(t_1)}$, n dasselbe bedeuten wie dort, a' aber den procentischen Betrag der in der Einzelschwankung noch übrig bleibenden Kraft ausdrückt, wie früher a dies für die Gesammtschwankung that. a' kann also $= 0$ werden, jedoch nicht negativ (S. oben II. S. 648 ff.). U_2 ist $= M - P$; folglich

$$S = \left[(1 - a')\, M - (1 - na')\, P + na'\, N_{(t_1)}\right] \frac{T}{R + 2T} \cdot \cdot \cdot \cdot (*)$$

Der Ausdruck in der viereckigen Klammer ist bis auf den Unterschied zwischen a' und a derselbe, zu dem wir oben S. 155 ohne Berücksichtigung der Wellenbewegung gelangten. Wir brauchen also nicht erst zu untersuchen, ob er im Allgemeinen die nöthigen Bedingungen erfülle; nur dürfen nicht a' und n zu klein werden, da sonst bei $P > M$ die Schwankung zu leicht positiv würde.

Nun ist die Frage, wie die Dinge beim Tetanisiren vom Nerven aus sich gestalten, unter der Voraussetzung, welche wir bis auf Weiteres doch festhalten müssen, dass die Muskelfasern nur an einem Punkt ihrer Länge innervirt werden. Dieser Punkt liegt bei verschiedenen Fasern in verschiedenen Querebenen des Muskels. Es sind zwei Fälle zu unterscheiden. Auf solche Fasern, die vom abgeleiteten Ende aus jenseit des Aequators oder in seiner Ebene ihre Endplatte haben, passt ohne Weiteres vorige Betrachtung. Hinsichtlich der Fasern, deren Endplatte zwischen Aequator und abgeleitetem Ende liegt, ist zunächst zu bemerken, dass gleichgültig ist, von welcher Seite die Welle dem Aequator sich nähert. Zweitens ist auch gleichgültig, in welcher Reihenfolge die Zeitabschnitte R, T_1 und T_2 mit einander abwechseln. Daraus ergiebt sich, dass Formel (*) auch für diesen Fall gilt, so lange nicht die Wellen Aequator und Querschnitt zu gleicher Zeit erreichen. Liegt die Endplatte so in der Mitte, dass die Wellen zugleich am Querschnitt und Aequator anlangen, so giebt es nur noch einen Zeitabschnitt T veränderter elektromotorischer Wirkung des Muskels; der andere ist zu R zu schlagen. Für M erhält man Null während des Abschnittes veränderter Thätigkeit. Dadurch wird diesmal

$$S = \frac{T\,[M - P\,(1 - na')] + N_{(t_1)}\,.\,[R + T\,(1 + na')]}{R + 2T} \cdot$$

Dieser Ausdruck erfüllt unter erlaubten Annahmen gleichfalls die oft erwähnten Bedingungen, uud überdies ist er grösser als der mit (*) bezeichnete. Wir erhalten also für die Schwankung bei mittelbarem Tetanus stärkere Wirkung als für die bei unmittelbarem Tetanus, während nach Hrn. Hermann, im Widerspruch mit den Thatsachen, vom Nerven aus nur unverhältnissmässig kleinere Wirkung erfolgen könnte (Vergl. oben S. 363.)

Bei Ableitung des Stromes von zwei Längsschnittspunkten treten bei unmittelbarem Tetanus drei Zeitabschnitte veränderter Wirkung auf; zwei sind die schon erwähnten, in welchen die Welle unter den ableitenden Spitzen hindurchgeht, der dritte ist der, in welchem sie den Querschnitt erreicht.[1]) Doch bedürfte man, um diesen Fall genauer zu erörtern, der Kenntniss des Gesetzes, nach welchem die Stromkraft mit der Lage des Bogens am Muskel und zwar bei verschieden langen Muskeln sich ändert, und noch mehrerer anderen Umstände.

Es wäre um so nutzloser, diesen Mangel durch willkürliche Annahmen ersetzen zu wollen, je lückenhafter hier auch noch sonst unser Wissen ist. Nämlich es erübrigt hier nun überhaupt, die negative Schwankung durch unmittelbare Reizung planmässig bei künstlichem und natürlichem Querschnitt, an entnervten und nicht entnervten Muskeln, bei verschiedener Lage des Bogens, endlich, soweit thunlich, nicht bloss an regelmässigen, sondern auch an unregelmässigen Muskeln zu untersuchen, und unter allen diesen Umständen sie mit der Schwankung durch mittelbare Reizung zu vergleichen. Hrn. Bernstein's und meine oben mitgetheilten Versuche sind nur der erste Anfang dieser ausgedehnten und mühevollen Arbeit, bei welcher man unter anderen auf die Schwierigkeit trifft, dass der Muskel in beiden Fällen gleich stark erregt werden muss. Dies scheint nur so ausführbar, dass man beidemal den Muskel maximal erregt. Dann läuft man aber bei unmittelbarer Reizung Gefahr, durch Stromschleifen, wenn auch nicht getäuscht, doch gestört zu werden.

Bei der Erörterung der Ergebnisse dieser Versuche wird man

---

1) Vgl. dies Archiv, 1871, S. 592 ff.

wiederum nicht vermeiden können, die oben S. 348 angeregte Frage zur erneuten Prüfung heranzuziehen, ob die Muskelfasern wirklich nur am Ort ihrer Endplatte, oder sonst in ihrem Verlauf erregt werden.

In dieser verworrenen Lage müssen wir die Untersuchung abbrechen. Die Fragen der nächsten Zukunft bezeichnet zu haben, ist schliesslich auch noch ein Fortschritt, und somit sei's an dieser Stelle für diesmal genug.

Seit Eduard Weber's Artikel „Muskelbewegung" in Rud. Wagner's „Handwörterbuch der Physiologie" hat man sich daran gewöhnt, vom thätigen Zustand der Muskeln als von einer zweiten Gleichgewichtslage der Muskeltheilchen zu reden, in welcher der Muskel bei gleichem Rauminhalte kürzer und dicker ist. Muskelton, secundärer Tetanus und die Anzeichen erhöhten Stoffverbrauches bewiesen doch längst das Unrichtige dieser Vorstellung. Wenn ich nicht irre, ist die Zeit da, wo man nicht länger zögern darf, die stets von mir gelehrte Discontinuität des Tetanus und, nach dem von Hrn. Aeby, Hrn. Bernstein und Hrn. Jendrássik[1]) gegebenen Beispiele, dessen Entstehung aus Reizwellen mehr zu beachten, als bisher.

§. XXVII. Anhang. Vermischte Bemerkungen über die negative Schwankung.

Aus gewissen Gründen war es wichtig, die negative Schwankung am mittelbar mechanisch tetanisirten Gastroknemius zu untersuchen. Zum Hämmern des Nerven diente der Halske'sche Unterbrecher mit dem von Hrn. Heidenhain beschriebenen Elfenbeinhammer und Amboss.[2]) Durch geeignete Versuche überzeugte ich mich, dass keine elektrische Wirkung seitens der den Elektromagnet umgebenden Rolle auf den Nerven stattfand. Der in mechanischen Tetanus verfallende Muskel gab nicht bloss negative Schwankung, sondern auch secundären Tetanus. (S. oben II. S. 637). Es lag mir nun aber daran,

1) Dies Archiv, 1874, S. 513.
2) Physiologische Studien. Berlin, 1856. S. 127.

die negative Schwankung bei mechanischem mit der bei elektrischem Tetanus zu vergleichen. Hierzu gebrauchte ich den Kunstgriff, der mir schon bei meinen Untersuchungen über die negative Schwankung des Nervenstromes gute Dienste geleistet hatte, den einen Tetanus, um mich so auszudrücken, in dem Augenblick entreten zu lassen, wo die Ablenkung durch den anderen Tetanus gerade das Maximum erreicht hat, und die Nadel umzukehren im Begriff steht. Ist der zweite Tetanus stärker, so geht die Nadel noch weiter zurück, ist er schwächer, so kehrt sie sichtlich schneller in die der Ruhe des Muskels entsprechende Ablenkung zurück.[1]) Hier wurde dies Verfahren in's Werk gesetzt, indem ich durch Umlegen der Wippe eines Pohl'schen Gyrotropes ohne Kreuz den Strom eines Grove'schen Elementes abwechselnd dem Halske'schen Unterbrecher und der Hauptrolle des Schlitteninductoriums zuführte. Der Nerv des Gastroknemius lag bald diesseit bald jenseit des Hammers auf einem Paar Platinelektroden, welche die Enden der Nebenrolle des Inductoriums vorstellten. Obschon der mechanische Tetanus vollkommen ausgeprägt war, und die tetanisirenden Ströme des Inductoriums nur die gewöhnliche Stärke besassen, übertraf die negative Schwankung durch den elektrischen stets sehr deutlich die durch den mechanischen Tetanus.

Nothgedrungen lasse ich hier viel Fragen unberührt, die sich von verschiedenen Seiten her zudrängen. Ich erwähne nur noch folgende.

In der ersten Abtheilung, S. 531, ist die negative Schwankung in Tetanus mit künstlichem Querschnitt zu 0·4 der ursprünglichen Stromkraft angegeben. Gegen diese Bestimmung ist einzuwenden, dass sie möglicherweise nur für die angewendete Art des Tetanisirens gilt. Es wird untersucht werden müssen, wie sich die negative Schwankung mit der Häufigkeit, Stärke und sonstigen Beschaffenheit der tetanisirenden Schläge ändert. Die Behandlung dieser Aufgabe erfordert aber vor Allem, dass man sich im Besitz einer Vorrichtung zum Tetanisiren befinde, wie sie oben

---

1) Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. I. S. 448.

I. S. 518 Anm. 2 geschildert wurde. Voraufgehen müsste natürlich die Untersuchung der Schwankung bei Doppelreizung u. d. m.

Eine der wichtigsten hier zu stellenden Fragen war die nach dem Verhältniss der Schwankung zu der gleichzeitig vom Muskel geleisteten Arbeit. Schon vor mehreren Jahren hat Hr. Lamansky im Heidelberger Laboratorium am Bernstein'schen Rheotom diese Frage in Angriff genommen[1]), und hat dabei, wie ich nachträglich bemerke, Hr. Meissner's Irrlehre selbständig widerlegt, wie auch Hrn. Sigmund Mayer's Versuche über den Verlauf der Gastroknemiusschwankung bestätigt. Indem er dem Muskel etwa nur drei Schläge in der Secunde ertheilte, bis das Maximum der negativen Schwankung erreicht war, gelangte er zum Ergebniss, dass die Schwankung mit der vor der Zusammenziehung dem Muskel ertheilten Spannung wächst, also ähnlich sich verhält, wie nach Hrn. Heidenhain die Wärmeentwickelung.[2]) Während aber diese auch mit der Ueberlastung zunimmt, ist durch Hrn. Lamansky die Ueberlastung ohne Einfluss auf die Schwankung. Ich habe gegen diese Versuche das Bedenken, auf welches Hr. Lamansky noch nicht kommen konnte, dass die Dehnung des Muskels durch die Belastung die Nebenschliessung verschlechtert, welche die Muskelmasse den von den Sehnenspiegeln ausgehenden Strömen darbietet. Um diesen Verdacht zu entkräften, müssten die Versuche an regelmässigen Muskeln mit thermischem Querschnitte wiederholt werden. Auch dürfte sich empfehlen, was unsere jetzigen Methoden gestatten, den Erfolg bei Einzelzuckungen statt bei unvollkommenem Tetanus zu beobachten.

Hermann Roeber zeigte durch sorgfältige Versuche, dass die Stärke des Muskelstromes durch Curara und durch das Gift der Calabarbohne erhöht wird, und führte diese auffallende Erscheinung auch sogleich auf ihre Ursache zurück, nämlich auf die an den vergifteten Muskeln bemerkbare Blutfülle. Nicht vergiftete Muskeln, an denen durch Unterbin-

1) Pflüger's Archiv u. s. w. 1870. Bd. III. S. 193.

2) Mechanische Leistung, Wärmeentwickelung und Stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit. Leipzig. 1864. S. 140.

dung Blutfülle bewirkt wurde, zeigten gleichfalls Erhöhung ihrer elektromotorischen Kraft. Mit dieser Erhöhung ging an curarisirten und calabarisirten Muskeln eine solche der mechanischen Leistungsfähigkeit Hand in Hand. Endlich auch die von Hrn. Funke entdeckte, beim ersten Anblick so paradoxe Erhöhung der elektromotorischen Kraft curarisirter Nervenstämme führte Roeber auf dieselbe Ursache zurück.[1]) Da nun an curarisirten Nerven durch Hrn. Funke eine Vergrösserung der negativen Schwankung nachgewiesen ist, so liegt die Vermuthung nahe, dass curarisirte, calabarisirte, überhaupt mit

---

1) Dies Archiv, 1869, S. 440. — Ich vergass, als Roeber mit diesem Gegenstande sich beschäftigte, ihn auf ältere Wahrnehmungen aufmerksam zu machen, welche mehr oder minder sicher hierher gehören. Es bleibt zweifelhaft, ob Fowler's Beobachtung hierauf zu beziehen sei, nach welcher die Muskeln eines Frosches, dessen Bein er durch Reiben mit einer Bürste entzündet hatte, stärker auf den Reiz einer Zinksilberkette reagirten (Experiments and Observations relative to the Influence lately discovered by M. Galvani etc. Edinburgh 1793. p. 128—130; — Al. Monro's und Rich. Fowler's Abhandlung über thierische Elektricität u. s. w. Leipzig 1796. S. 145). Reinhold hat diese Beobachtung an Muskeln bestätigt, die er durch Messerschnitte entzündet hatte (De Galvanismo Specimen I. Lipsiae 1797. p. 110). Matteucci verwundete Fröschen die Oberschenkelmuskeln, so dass sie hyperaemisch wurden: „Un médecin les aurait dits engorgés.“ Sie gaben stärkeren Froschstrom als gesunde Frösche, nicht jedoch, wenn sie aus der Wunde sich verbluteten oder wenn sie in Wasser gesetzt wurden, in welchen Fällen keine Hyperaemie entstand (Traité des Phénomènes électro-physiologiques des Animaux. Paris. 1844. p. 110. 111; — Vergl. meine Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. I. S. 170). Dies beweist, dass die wahrgenommene Verstärkung nicht auf Herstellung künstlichen Querschnittes beruhte. Hr. Cima bestätigte Matteucci's Angabe (Saggio storico-critico e sperimentale etc. 1848. p. 476. §. 46). Nach Zerstörung des Rückenmarkes fanden Matteucci, Hr. Cima und Hr. Brown-Séquard den Muskelstrom verstärkt: Traité etc. p. 77. 78. (Vergl. Untersuchungen a. a. O. S. 171; — s. jedoch auch Matteucci, Leçons sur les Phénomènes physiques etc., p. 183, wo die Angabe zurückgenommen ist); — Saggio storico-critico ec. p. 486. §. 63; — Brown-Séquard in Experimental Researches applied to Physiology and Pathology. New-York 1853 (Letzteres Citat nach Valentin in Canstatt's Jahresbericht u. s. w. 1853. Würzburg 1854. S. 216).

Blut überfüllte Muskeln gleichfalls eine verstärkte negative Schwankung werden erkennen lassen. Es wird nicht leicht sein, hierüber zur Gewissheit zu gelangen.

Auch die negative Schwankung des postmortal gewachsenen Muskelstromes[1]) zu untersuchen, wäre eine wichtige, aber freilich nicht minder schwierige Aufgabe. Die Schwankung an kaltblütig gemachten Säugethiermuskeln[2]), an Säugethiermuskeln, denen nach Ludwig's und Al. Schmidt's Methode künstlich Blut zugeführt wird[3]), an erwärmten und an abgekühlten Muskeln, besonders an Froschmuskeln, welche auf eine Temperatur erkaltet sind, wobei keine Säurung stattfindet[4]), wäre gleichfalls der Untersuchung werth.

Ich spreche nicht von der specifischen Intensität der Schwankung bei den verschiedenen neuerlich von Hrn. Ranvier unterschiedenen Arten von Muskeln[5]), und anderen ähnlichen Aufgaben.

---

1) Dies Archiv, 1867. S. 293.

2) Dies Archiv, 1867. S. 439.

3) Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig. 1868. S. 1.

4) Monatsberichte u. s. w. 1859. S. 309; — De Fibrae muscularis Reactione etc. p. 25.

5) Comptes rendus etc. 1873. t. LXXVII. p. 1030; — Brown-Séquard, Charcot, Vulpian, Archives de Physiologie normale et pathologique. Paris 1874. 2me Série. t. I. p. 5.

Untersuchungen über den Einfluss der Temperatur auf den Nerven- und Muskelstrom.

Von

Dr. J. Steiner.

Assistenten am physiologischen Institut in Halle.

Erster Artikel.

§ 1. Einleitung.

Der Erregungsvorgang im Nerven war trotz aller Hülfsmittel nur kenntlich durch die Zuckung des zugehörigen Muskels, so lange bis E. du Bois-Reymond die negative Schwankung des Nervenstromes entdeckt hatte[1]; an die Stelle des Muskels konnte jetzt, mit der bekannten Einschränkung, das Galvanometer gesetzt werden: der Rückschwung der Magnetnadel giebt uns Kunde von einem Erregungvorgange im Nerven. Nachdem darauf durch H. Helmholtz die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Nerven numerisch dargestellt war[2], stellte sich auch für die negative Schwankung des Nervenstromes die Aufgabe, ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit von der Stelle der Reizung, in ihrem Verlaufe bis zum Eintritt in das Galvanometer zu bestimmen; eine Aufgabe, welche erst vor einigen Jahren von J. Bernstein gelöst worden ist[3]. Derselbe fand, dass die negative Schwankung sich in einer Welle, der von ihm benannten „Reizwelle“ fortpflanzte, deren Geschwindigkeit genau gleich war der Geschwindigkeit der Erregungswelle, und er stand auf Grund dieser Thatsache nicht an „die Annahme zu

1) E. du Bois-Reymond. Untersuchungen über thierische Elektricität. Bd. II. S. 425 u. f.

2) H. Helmholtz. Messungen über Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven. Dies Archiv 1850.

3) J. Bernstein. Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskelsysteme. 1871.

machen, dass die Reizwelle Nichts anderes ist, als das Bild des im Nerven ablaufenden Erregungsvorganges"[1]).

Weiterhin hat Helmholtz gezeigt, dass die Temperatur einen mächtigen Einfluss auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Nerven ausübt. Besteht nun in der That, wie J. Bernstein annimmt, die Identität von Erregungs- und Reizwelle, so steht zu erwarten, dass die Temperatur denselben Einfluss auch auf die Reizwelle ausüben müsse, wie wir das von der Erregungswelle schon wissen; eine Aufgabe, die Hr. Professor Bernstein mir anzuvertrauen die Güte hatte.

Da das Verhalten der negativen Schwankung unter dem Einflusse wechselnder Temperaturen im Allgemeinen durchaus unbekannt war, so begann ich mit der Untersuchung dieses Gegenstandes; aber bald zeigte sich, dass ich auch damit schon zuweit vorgegangen war; man musste vorher durchaus erst unterrichtet sein über das Verhalten des ruhenden Nerven- und Muskelstromes, bevor man einen erspriesslichen Schritt nach vorwärts thun konnte. Diese Untersuchung ist in dem verflossenen Winter von mir ausgeführt worden und ich lege hier dieselbe den Fachgenossen in einem ersten Artikel vor. Diesem werden sich dann die ursprünglich geplanten Untersuchungen anschliessen.

§ 2. Versuchsanordnung.

Die Versuchsanordnung hat zwei Aufgaben zu erfüllen: erstens eine Vorrichtung, in welcher der Nerv oder Muskel beliebig temperirt und durch stets unverrückbare Elektroden abgeleitet werden kann; zweitens die allgemein in der Elektrophysiologie gebräuchlichen Apparate zur Ableitung, Messung, Compensirung u. s. w. der thierisch-elektrischen Ströme, anzugeben.

Für die Temperirung des Elektricitätserregers wurde das von E. du Bois-Reymond[2]) an seinem Federmyographion angebrachte, und für ähnliche Zwecke bestimmte Kästchen benutzt; seine Construction als bekannt vorausgesetzt berichte ich,

1) a. a. O. S. 34.

2) Gesammelte Abhandlungen zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysik. Bd. I. Leipzig 1875. S. 282.

dass dasselbe in den hölzernen Boden einer feuchten Kammer, die auf vier Korkfüssen steht, so eingefügt wurde, dass die an der Zu- und Abflussöffnung des Kästchens angebrachten Gummischläuche unterhalb des Bodens hervorgezogen und als Zu- und Abflussröhren benutzt werden konnten. Der Deckel des Kästchens musste selbstredend fortgelassen werden; der Lack, mit dem die Oberfläche, auf welche der Nerv oder Muskel zu liegen kommt, isolirt ist, erwies sich als ungenügend, weil er bald Risse bekam und die Platte dadurch leitungsfähig wurde; dieselbe wurde deshalb mit einer feinen Gummiplatte überzogen, welche durch den gebräuchlichen Kitt an den Seiten befestigt war. Diese Anordnung hat sich vortrefflich bewährt; es sind alle im Folgenden aufgeführten Versuche auf derselben Gummiplatte ausgeführt; es war ein Wechsel derselben niemals nothwendig geworden. Die feuchte Kammer steht auf einem kleinen Tische, von etwa zwei Drittel der gewöhnlichen Tischhöhe zu meiner Rechten, wenn ich am Fernrohr sitze; der recht lange Abflussgummischlauch führt durch eine Oeffnung in der Tischplatte zu einem darunter stehenden Gefässe; das Zuflussrohr ist ziemlich kurz und führt zu einer auf demselben Tischchen befestigten Doppelcanüle von Messing, die durch einen Hahn stellbar ist; von den beiden Röhren der Doppelcanüle führen zwei lange Gummischläuche zu zwei Trichtern, welche in Stativen befestigt auf einem gewöhnlichen Tische stehen. Die beiden Trichter sind für warmes und kaltes Wasser bestimmt. Das kalte Wasser ist Eiswasser, das in entsprechender Weise zubereitet wird; das warme Wasser wird in einem gewöhnlichen Wasserbade erhalten, das auf demselben Tische in einem entsprechenden Stative angebracht ist. In beiden Gefässen zur Gewinnung von Eis- und warmem Wasser stehen constant Thermometer. Von diesen beiden Trichtern aus wird nun das Kästchen beliebig erwärmt. Statt des kleinen Wasserbades vielleicht ein grösseres Gefäss zu verwenden, um mehr Vorrath von warmem Wassser zu haben, möchte ich als durchaus unpraktisch widerrathen: es handelt sich grösstentheils nicht darum fortwährend warmes Wasser zu haben, sondern darum, warmes Wasser von verschieden hoher Temperatur in kleiner Quantität sehr rasch zu besitzen,

was man am besten in dem gewöhnlichen Wasserbade erreicht; man wird den Nutzen dieser Einrichtung in den Versuchen selbst noch zu würdigen Gelegenheit haben. Dagegen kann das Gefäss zur Beschaffung von Eiswasser, sofern man nur über hinreichend viel Eis verfügt, nach Belieben gross sein. Es hat sich noch bewährt, die beiden Gummischläuche, welche von den Trichtern zur Doppelcanüle führen, mit Quetschhähnen zu versehen, die beliebig in Verwendung gezogen werden können. Den Grund dafür werden wir bald erfahren. Was die Doppelcanüle betrifft, so ist es durchaus nothwendig, dass sie im Caliber kleiner ist, als die Zuflussöffnung zu dem Kästchen und zwar aus folgendem Grunde. Man kann nämlich das reinste Wasser zur Circulation verwenden, so ist dasselbe doch nach kurzer Zeit durch die vielfachen Manipulationen mit kleinen festen Partikelchen verunreinigt. Plötzlich stockt mitten während des Versuches die Circulation und der Versuch ist verloren; vielleicht sogar der ganze Tag, wenn sich diese Partikelchen in dem Kästchen festgesetzt haben; hat man aber obige Anweisung befolgt, so muss die Stockung stets in der Canüle gesucht werden; diese lässt sich aber in einer Minute beseitigen; es wird nämlich der zuführende Gummischlauch mit dem Quetschhahn verschlossen, derselbe von der Canüle abgezogen (es empfiehlt sich die Gummischläuche so passend für die Canüle zu nehmen, dass dieselben nicht festgebunden, sondern nur darüber geschoben werden) und durch das Ende des Abflussschlauches kräftig geblasen, so ist das Hinderniss bald aus dem Wege geräumt. Sämmtliche Wasserbehälter und Trichter waren von dem kleinen Tischchen, auf dem die feuchte Kammer, sowie einige andere bald zu erwähnende Apparate standen, soweit entfernt aufgestellt, dass durch unvermeidliches Spritzen dort nichts beschädigt werden konnte.

Nerv und Muskel wurden abgeleitet durch die du Bois'schen Thonstiefelelektroden, welche während des ganzen Versuches unverrückbar auflagen; als Galvanometer diente eine ältere Wiedemann'sche Bussole von zusammen 12000 Windungen, welche nahezu aperiodisch war. Der Strom von Nerv und Muskel wird selbstverständlich stets compensirt, so dass

man es nur mit elektromotorischen Kräften zu thun hat. Als Kette zum Compensiren diente ein grosses Daniell'sches Element von sehr guter Constanz. Eine besondere Aufmerksamkeit beansprucht in diesen Versuchen das Rheochord; es ist 1 Meter lang, von sehr dickem Kupferdraht in Stärke von 1·23 Mm.; nur mit so dickem Draht sind die hier auftretenden Erscheinungen wahrzunehmen. Rheochord und Schlüssel zum Galvanometer, sowie der Schlüssel für die Aufnahme der Compensatorkette sind alle auf dem kleinen Tischchen aufgestellt, um während der Fernrohrbeobachtung bequem erreicht werden zu können. Die Zusammenstellung aller dieser Apparate zur Messung der elektromotorischen Kräfte von Nerv und Muskel ist in bekannter Weise bewerkstelligt.

Die Versuche wurden sämmtlich im Winter im ungeheizten Zimmer bei einer Temperatur von durchschnittlich 2° C. gemacht; da wir beim Abkühlen von Nerv und Muskel keine tiefere Temperatur aufzusuchen nöthig hatten, so wurde dadurch erreicht, dass wir auf dem Kästchen aus leicht ersichtlichen Gründen keine Niederschläge von Wasserdämpfen hatten, die vielleicht zu Fehlerquellen hätten werden können.

§ 3. Der Nervenstrom.

Wie wohl man sonst mit der Untersuchung des Muskelstromes zu beginnen pflegt, so habe ich geglaubt, hier von dieser Regel abweichen zu müssen in der Annahme, dass der Nerv, als das in seinen Dimensionen beträchtlich kleinere Gebilde, denn der Muskel, vollständiger in kürzerer Zeit eine beliebige Temperatur annehmen könne.

Zur Geschichte unseres Gegenstandes ist zu bemerken, dass du Bois-Reymond angiebt, wie in der Siedhitze, die nur wenige Augenblicke auf den Nerven einwirkt, dessen Strom geschwächt oder umgekehrt wird. Wird der Nerv in Wasser von 40—50° getaucht, so kehrt sich der Strom nicht um, sondern wird allmälich kleiner.[1]) Ferner eine gelegentliche Aeusserung desselben Autors, in der es heisst: „Was den künstlichen Querschnitt betrifft, so

1) Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. I. S. 287.

zeigen wohl die Nerven eine Schwächung ihres Stromes durch lang anhaltende Einwirkung der Kälte[1]) u. s. w.

In Vorversuchen haben wir uns noch von zwei Umständen zu unterrichten; einmal nämlich, ob bei unserer Anordnung keine Thermoströme auftreten und zweitens, wie sich der Nervenstrom innerhalb einer Stunde etwa bei einer Temperatur von 1—2° C. verhält, ohne dass irgend welche Einwirkungen auf ihn geschehen. Für die erste Frage hat sich am todten Nerven bei einer Temperirung, wie wir sie bald auseinandersetzen werden, ergeben, dass Thermoströme nicht auftreten; bezüglich der zweiten Frage haben wir ebenfalls durch Versuche, welche wir erst weiter unten, um sie dort nicht wiederholen zu müssen, aufführen wollen, ersehen, dass, wie vorauszusetzen war, der Nervenstrom langsam, aber stetig abfällt.

So ausgerüstet können wir zu den Versuchen selbst übergehen. Dieselben sollten in folgender Weise angestellt werden. Es wurden die beiden Nn. ischiadici oben zusammengebunden, am peripheren Ende mit einem Querschnitt versehen auf das Kästchen aufgelegt und durch die Elektroden von Quer- und Längsschnitt abgeleitet. Darauf wird 5 Minuten lang Eiswasser durch das Kästchen geleitet, jetzt compensirt und abgelesen; hierauf ebenso 5 Minuten lang warmes Wasser von 20—22° C., danach ebenfalls compensirt und abgelesen.

Um auch über die Stromstärken bald orientirt zu werden, deren Kenntniss uns später von Nutzen sein dürfte, wird nach beendeter Compensation die Compensatorkette geöffnet und der Ausschlag in Scalentheilen abgelesen. (S. f. Tabelle.)

In derselben Weise, wie diese beiden Versuche, fielen noch eine Reihe anderer Versuche aus, deren Aufführung überflüssig wäre. Wir betrachten nur die Compensatorgrade und sehen, dass das Steigen oder Fallen der elektromotorischen Kraft des Nerven, mag man erwärmen oder abkühlen, durchaus keinem Gesetze zu folgen scheint, sondern vollkommen regellos und verworren auftritt: bald sehen wir bei der Erwärmung ein Steigen, bald ein Sinken der elektromotorischen Kraft eintreten.

1) Untersuchungen Bd. II. Abth. II. S. 38.

Temperatur des Wassers.	Stromstärke in Scalentheilen	Abs. Grösse.	Compensator-Grade.	Temperatur.	Stromstärke.	Abs. Grösse.	Compensator-Grade.	
1) 0—2	176—243	67	657	1) 0—2°	146—224·5	78·5	784	la = intrapolare Strecke.
20—22	168—247	79	618	20—22	147—235	88	759	
2) —	167—224	57	600	2) —	?	?	746	
—	164—231	67	591	— —	144—224	80	750	
3) —	157—209	52	572	3) —	143—206	63	743	
—	150—210	60	559	—	141—214	73	757	
4) —	145—192	47	557	4) —	140—200	60	755	
—	143—200	57	540	—	138—208	70	782	
5) —	145—189	44	540	5) —	136—191	55	751	
—	142—193	51	515	—	130—192	62	787	
6) —	141—184	43	553	6) —	130—182	52	805	
—	137—178	41	485	—	128—184	56	805	
Zimmertemperatur 5° C. lq = 16 mm.				Zimmertemperatu. 5° lq = 20 mm.				

Sorgfältig war jeder etwaige Versuchsfehler ausgeschlossen; das Resultat blieb so inconstant und unverständlich als möglich. Es gab nur noch einen Punkt, über den wir nicht genügend unterrichtet waren, nämlich der, welche Temperatur der Nerv denn wohl in Wirklichkeit hatte; es war vorauszusehen, dass er gewiss nicht die Temperatur des circulirenden Wassers haben könne, sondern durch fortwährende Strahlung an der Oberfläche viel Wärme verliere. Um dies zu erfahren, wird ein Thermometer mit recht kleiner Kugel horizontal so auf ein Stück der Oberfläche des Kästchens gelegt, dass eine möglichst grosse Fläche der Thermometerkugel aufzuliegen kommt. Wir können auf diese Weise die Temperatur erfahren; wir wollen aber hier bald erwähnen, dass zwar alle die auf dem Kästchen gemachten Versuche unter sich vergleichbar und richtig sind, dass aber die absoluten Temperaturen ungenau sind und weiter unten eine Correctur auf die absolute Temperatur nöthig sein wird.

Temperatur des Wassers.	Stromstärke.	Abs. Grösse.	Compensator-Grade.	Temperatur des Thermomet.	Temperatur des Wassers.	Stromstärke.	Abs. Grösse.	Compensator-Grade.	Temp. des Thermometers.
1) 0—2	103—179	76	390	2°	1) 0—2	96—174	78	428	2½
25	103—188	79	344	16·5	25	94—193	99	450	17½
2)	101—166	65	320	3	2) —	97—154	57	384	3⅓
—	105—176	71	285	16	—	97—180	83	409	17
3) —	102—157	55	299	3⅓	3) —	95—151	56	380	3½
—	100—158·5	58·5	260	16	—	96—164	68	382	17½
4) —	94—143	51	283	3⅓	4) —	86—136	50	374	4
—	97—150	53	253	16	—	82—140	58	360	17
					5) —	69—118	49	382	3½
					—	55—102	47	225	19½
	lq = 12 mm.					lq = 18 mm.			

Die Ergebnisse dieser beiden Versuche sind nicht klarer, als die der beiden ersten, aber trotzdem führten sie mich, indem ich jetzt die Temperaturen genauer übersah, auf den richtigen Weg. In dem zweiten Versuche nämlich sehen wir innerhalb der drei ersten Ablesungen constant ein Steigen der Kraft bei der Erwärmung; bei der vierten Ablesung trat wieder ein Sinken ein; indem ich die Temperaturen genauer ansehe, zeigt sich, dass die Temperaturdifferenz hier kleiner ist, als in den vorigen Ablesungen; diese Temperaturdifferenz, meinte ich, ist vielleicht zu gering, um eine Steigerung der Kraft hervorrufen zu können. Um mich sofort davon zu überzeugen, brachte ich die Temperatur in der 5. Ablesung auf $19^1/_2$°, also um 2° höher, als sie irgend einmal vorher erreicht war, in der Voraussetzung, dass jetzt die Temperaturdifferenz gross genug sein werde, um eine Krafterhöhung zu bewirken. Es traf indess genau das Gegentheil ein — die elektromotorische Kraft sank noch mehr, als es früher der Fall war. Folglich, wenn die supponirte Ursache die umgekehrte Wirkung zur Folge hat, so werden wir die Ursache umkehren und dann vielleicht die erwartete Wirkung eintreten sehen; d. h. also, es soll in den

nächsten Versuchen die Temperaturdifferenz nicht, wie bisher grösser, sondern kleiner, als in irgend einem bisherigen Versuche genommen werden; vielleicht tritt dann constant eine Kraftsteigerung ein.

Temperatur des Wassers	Stromstärke.	Abs. Grösse.	Compensator-Grade.	Temp. des Thermometers.	Temperatur des Wassers.	Stromstärke.	Abs. Grösse.	Compensator-Grade.	Temp. des Thermometers.
1) 0—2	82—152	70	642	2⅓	1) 0	108—260	152	763	1
18	82—161	79	675	12	18	100—272	172	773	10
2) —	84—145	61	622	3	2) —	97—221	124	625	2
—	84—153	69	658	12	—	94—245	151	672	10
3) —	87—140	53	617	3	3) —	86—197	111	567	2
—	87—146	59	626	12	—	80—217	137	623	10
4) —	87—137	50	622	3	4) —	76—179	103	532	2
—	90—146	56	633	12½	—	72—191	119	577	10
5) —	87—135	48	633	3½					
—	86—140	54	683	12½					
	lq = 16 mm.				Zimmertemperatur 3° lq = 15 mm.				
1) 0	147—300	153	705	1½	1) 0	?	?	828	2
20	150—318	168	746	10½	20	11—191	180	872	11
2) —	149—280	131	684	2	2) —	23—158	135	815	2
—	148—306	160	733	11	—	2—157	155	851	10½
3) —	152—271	119	675	2	3) —	27—154	127	809	2½
—	154—290	146	703	11	—	23—161	138	834	11
4) —	168—272	104	661	2	4) —	31—147	116	809	2½
—	167—290	123	682	11	—	31—163	132	853	11
	Zimmertpr. 3° lq = 14 mm.					Zimmertpr. 3° lq = 10 mm.			

Diese Versuche bestätigen auf das Schönste die Richtigkeit unseres obigen Schlusses, dass ein geringeres Ansteigen der Temperatur eine Krafterhöhung hervorruft. Wir haben jetzt noch die Aufgabe zu zeigen, dass eine höhere Temperaturdifferenz, als wie sie in den letzten Versuchen erreicht war,

in der That auch wieder ein Sinken oder wenigstens ein inconstantes Verhalten der elektromotorischen Kraft für die Erwärmung herbeiführen wird.

Temperatur des Wassers.	Stromstärke.	Abs. Grösse.	Compensator-Grade.	Temp. des Thermometers.	Temperatur des Wassers.	Stromstärke.	Abs. Grösse.	Compensator-Grade.	Temp. des Thermometers.
1) 0	87—181	94	681	2	1) 0	2—116	114	571	1
40	75—189	114	684	25	45	8—165	157	555	24½
2) —	71—142	71	609	3½	2) —	20—123	103	571	2
—	74—158	84	580	25	—	?	?	615	23
3) —	80—143	63	623	3½	3) —	17—116	99	661	2
—	73—144	71	569	25½	—	12—117	115	619	24½
4) —	63—122	59	719	3½	4) —	9— 93	84	653	2½
—	58—118	60	630	21½	—	5— 78	73	558	25½
Zimmertpr. 4° lq = 16 mm.					Zimmertpr. 3° lq = 10 mm.				
1) 0	50—130	80	882	2½	1) 0	4—123	119	639	1½
40	44—129	85	825	24	45	1—103	102	591	24⅓
2) —	44—110	66	812	3½	2) —	4—0—90	94	615	3
—	55—128	73	812	24½	—	?	?	?	25½
3) —	48—110	62	821	4	3) —	22—0—89	111	731	2½
—	41— 97	56	781	23½	—	18—107	89	652	24½
4) —	35— 81	46	896	4	4) —	?	?	702	3
—	?	?	888	25	—	?	?	617	25½
lq = 14 mm.					lq = 10 mm.				

Wir sehen in der That, dass, wenn wir eine gewisse Temperatur übersteigen, mit der Erwärmung ein Sinken der elektromotorischen Kraft des Nerven einhergeht.

Das gesammte Versuchsergebniss geht demnach dahin, dass wir bei der Erwärmung des Nerven eine Erhöhung seiner elektromotorischen Kraft eintreten sehen; dass aber nach Ueberschreitung eines bestimmten, zunächst uns noch nicht

genau bekannten Temperaturgrades, ein Sinken der elektromotorischen Kraft des Nerven eintritt.

Wir werden jetzt weiter, um die bisherigen Versuche noch zu vervollständigen, ferner um die obere Temperaturgrenze für das Ansteigen der Kraft ausfindig zu machen, steigende Temperaturen auf ein und denselben Nerven allmälich einwirken lassen, bis wir die Temperaturgrade erreicht haben werden, wo ein Sinken der Kraft eintritt. Diese obere Temperaturgrenze muss aber, wie wir schon jetzt, wenn wir die allerersten Versuche zu Hülfe nehmen, schliessen können, zwischen 12 bis 18° C. liegen; wir wollen der Kürze halber künftig diese Temperatur als mittlere, die darüber gelegene als hohe und die darunter liegende als niedere Temperatur bezeichnen.

In den nächsten Versuchen wird ein Nerv resp. zwei Nerven von 2° bis etwa 20° C. nach einander erwärmt und in verschiedener Temperaturhöhe ihre elektromotorische Kraft gemessen, um genauer als es bisher geschehen konnte, die Grenzen in Bezug auf Steigen und Fallen ihrer elektromotorischen Kräfte festsetzen zu können. Es werden in diesen Versuchen nicht mehr die Temperaturen des Wassers, sondern an derselben Stelle die Zeiten notirt. Zur leichteren Orientirung für den Leser sollen die Maxima der Kraft, sowie Temperatur, bei der sie liegen, fett gedruckt werden. (S. f. Tabelle.)

Es ist selbstverständlich, dass man immer nur eine aufsteigende Reihe in sich vergleichen kann, niemals die gleich hohen Temperaturen verschiedener Reihen. So betrachtet, führen die Versuche zu zwei Resultaten, einmal nämlich ersehen wir, dass die extremsten, höchst seltenen Fälle mitgerechnet, die elektromotorische Kraft des Nerven bei steigender Erwärmung ein Maximum besizt, welches zwischen 9—18° C. liegt; zweitens sehen wir, dass die Abkühlung stets eine Verminderung der elektromotorischen Kraft zur Folge hat. Diese Abkühlung, möchte ich hier noch erinnern, wurde erreicht durch plötzlich eintretende Circulation von Eiswasser.

Man könnte in Bezug auf das Resultat der obigen Versuche meinen, dass sie Anderes lehren werden, wenn man mit einer anderen Anfangstemperatur beginnen werde; man könnte

Versuchszeit.	Elektromotor. Kraft in Compensator-Grade.	Temperatur am Thermometer.	Versuchszeit.	Compensator-Grade.	Temp. am Thermometer	Versuchszeit.	Compensator-Grade.	Temp. am Thermometer
9 h. 58—	612	1	11 h. 11—	687	2	12 h. 32—	760	2½
10 h. 1—	**638**	**15**	14	**810**	**9**	34	**820**	**10**
3	584	20	17	742	15½	36	800	18
7	512	10	19	685	6½	38	762	8
8	496	5½	21	685	4	44	795	2½
13	483	2	23½	**734**	**9**	46	855	9
15	**531**	**12**	25	709	13	47½	804	14
17	515	16	27	705	17	49	**875**	**18**
19	483	20	29½	700	15½	52	813	9
21	421	7	32½	639	6	54	857	5
27	435	2	36	662	3	55½	**925**	**11**
30	**491**	**10**	45½	632	1½	57	925	17
31	470	15½	48½	632	11	58	915	19½
33	427	21	50	685	14			
36	367	8	55	**751**	**16**			
42	406	2	58	584	11			
46	**442**	**13**	12 h. 1—	**845**	**15**			
48	414	16	4	641	7			
52	370	9						
11 h. —	384	2						
Zimmertemperatur 4° C. lq = 10 mm.			Zimmertemperat. 5° lq = 12 mm.			Zimmertemperat. 5° lq = 10 mm.		

sich vorstellen, dass der Stromabfall stets in einer bestimmten, aber gleichen Temperatur von der Anfangstemperatur erfolge oder mit andern Worten, dass diese ganze Erscheinung sei eine Function der Anfangstemperatur. Die folgenden Versuche lehren, dass diese Meinung ein Irrthum wäre. Wir wollen in diesen von unserer sogenannten Mitteltemperatur beginnen.

Versuchs-zeit.	Elektromotor. Kraft in Compensator-Graden.	Temp. am Thermometer	Versuchs-zeit.	Compensator-Grade.	Temp. am Thermometer	Versuchs-zeit.	Compensator-Grade.	Temp. am Thermometer
10 h. 8 —	**610**	**10**	11 h. 22—	588	9	12 h. 37—	860	10
13	**610**	**16**	25	**616**	**14**	40	**882**	**14**
17	580	18	26½	593	16	41½	834	18
20	566	20	29½	586	18	44	607	27
22	553	23	31	548	22	46	631	15½
25	553	20	33½	538	25	48	638	9
26	508	**14**	41	631	13	51	848	**14**
27	497	10	43½	612	11	54½	**877**	**16**
29½	**577**	**14**	45	612	9½	55	809	20
31	562	16					809	24
34½	529	18½					733	15
36½	506	22					800	9
39	506	22½						
43	506	16½						
45	510	14						
47	477	8½						
50	**551**	**14**						
51½	522	16						
56½	503	21½						
58½	459	27						
Zimmertemperatur 5°. lq = 12 mm.			lq = 13 mm.			Zimmertemperat. 6°. lq = 12 mm.		

Die Versuche bestätigen von Neuem unser Strommaximum für die mittlere Temperatur von 9—18° C.

Wir wollen hier bald noch einen weiteren Einwurf durch den Versuch entkräften, nämlich die Möglichkeit, dass das Maximum Function der Zeit wäre; es könnte Folge des zu jähen oder zu langsamen Aufsteigens der Temperatur sein.

Für jeden Fall soll ein Versuch angeführt werden.

I. Rasches Ansteigen der Temperatur.			II. Langsames Ansteigen der Temperatur.		
Versuchs-zeit.	Elektromotor. Kraft in Compensator-Graden.	Temperatur am Thermometer	Versuchs-zeit.	Compensator-Grade.	Temperatur am Thermometer
3 h. 2—	398	5	10 h. 57—	508	5
3½	355	16	11 h. 1	539	12
5	302	24	5½	548	15
6	302	28	10	501	17
10	292	20	16	485	19
13½	316	15	20	481	13
16½	308	12	23	497	10
21	500	5	25½	484	14
22½	408	14	27½	462	17
25	332	24	29½	462	18½
30	280	6	35	515	14
31½	255	6	42	547	11
33½	208	15			
lq = 16 mm.			lq = 16 mm.		

Das jähe Ansteigen der Temperatur wirkt, wie wir sehen, durchaus sehr deletär auf den Strom: es findet trotz der Erwärmung keine Steigerung, sondern stetiges Abfallen statt. Bei der allmälichen Erhöhung der Temperatur tritt aber die Gesetzmässigkeit des Maximums erst recht schön hervor. Demnach sind auch diese Einwände glücklich überwunden.[1])

1) Wenn man die Zahlen der Versuchsreihen genau durchsieht, so wird man bemerken, dass die absoluten Werthe öfter mit der Zeit des Versuches wachsen, statt, wie zu erwarten, zu fallen; das kann seinen Grund haben in einer Abnahme der elektromotorischen Kraft der Compensatorkette. Keineswegs kann aber dadurch an unserem Maximum etwas geändert werden, um so weniger wenn man, wie ich schon oben bemerkt habe, nur die Werthe einer aufsteigenden Reihe miteinander vergleicht. Bei dem Werthe, den ich dieser Erscheinung beilege, habe ich auch nicht verfehlt, diesen Factor zu controliren

Wir kommen endlich zu dem schwersten Einwande, den ich an den Schluss verlegen musste, weil er gleichzeitig mit einer anderen Betrachtung abgehandelt werden soll. Der Einwand ist der, dass der Stromabfall bei einer gewissen Höhe der Temperatur Folge der Austrocknung sein könnte.

Die Betrachtung, die wir hier über das Maximum des Stromes anzustellen haben, zielt dahin, dass wenn dieses Maximum eine grösste elektromotorische Kraft bedeuten soll, von dem aus nach unten und oben Absinken der elektrischen Fähigkeiten des Electromotors stattfindet; so kann gerade so, wie beim Aufsteigen zum Maximum eine Kraftsteigerung eintritt, auch bei dem Abfall der Temperatur zu demselben, eine Kraftsteigerung eintreten, d. h. eine Zunahme der elektromotorischen Kraft bei der Abkühlnng von der hohen zur Mitteltemperatur. Wenn dies in der That zu erreichen ist, so ist jener Einwand schlagend widerlegt und die ganze Erscheinung selbst jetzt vollkommen zweifellos.

Folgende Ueberlegungen leiten mich auf diesem Wege: 1) sieht man in den früheren Versuchen da und dort, unabhängig von der in der untenstehenden Anmerkung gegebenen Erscheinung, wirklich bei der Abkühlung zur Mitteltemperatur eine Kraftzunahme; 2) haben wir gesehen, wie deletär ein jähes Ansteigen der Temperatur auf den Strom wirkt; 3) pflege ich, wie angegeben, die Abkühlung von der hohen Temperatur durch Einleiten von Eiswasser zu bewerkstelligen; folglich ist es wahrscheinlich, dass, wenn eine jähe Abkühlung ebenso wie eine jähe Erwärmung gleich deletär auf den Strom wirkt, wir eine Kraftzunahme bei der Abkühlung erhalten, wenn wir dieselbe nur allmälich genug herbeiführen können. Statt nun zur Abkühlung einen Strom von Eiswasser durchzuleiten, sollte die Abkühlung, da die Zimmertemperatur gewöhnlich nicht über 5° C. betrug, durch die Temperatur der Luft allein erfolgen. Folgendes die Versuche:

---

und werden weiter unten noch die bezüglichen Versuche angeführt werden; hier nur soviel, dass auch dabei das Maximum sich siegreich behauptet. Das Steigen der absoluten Werthe kann aber noch einen andern Grund haben, der ebenfalls weiterhin noch behandelt wird, aber ebensowenig unsere bisherigen Resultate trübt.

Versuchs-zeit.	Elektromotor Kraft in Compensator-Graden.	Temperatur am Thermometer	Versuchs-zeit.	Compensator-Grade.	Temperatur am Thermometer
10 h. 59—	650	20½	11 h. 58—	578	22
11 h. 5—	**712**	**12**	12 h. 5—	**608**	**13**
10	656	23	7½	**608**	**11**
15	640	?	13½	453	24
17	640	11	22	**591**	**12**
20	704	15	27	560	21
23	633	20	35½	**626**	**12**
28	601	21			
34	520	13			
Zimmertemperatur 5½ C.			Dieselbe Temp. d. Z.		

Die beiden Versuche sind viel versprechend und scheinen unsere Voraussetzungen zu bestätigen.

Da diese Untersuchung aber durchaus frei von jedem Vorwurfe sein muss, so wurden noch folgende Correcturen eingeführt: erstens sollte nur eine Abkühlung an einem Präparate gemacht werden, um den Einfluss des Absterbens auszuschliessen; und zweitens sollte die Constanz der Compensatorkette jeder Zeit geprüft werden können. Für letzteren Zweck wurde nach dem Vorgange von du Bois-Reymond[1]) in den Kreis der Compensatorkette eine sogenannte Hülfsrolle eingeschaltet und dieselbe in entsprechender Entfernung ein für alle Mal aufgestellt; es wurde hierauf die Kette geschlossen und die Grösse der Ablenkung abgelesen. Nachdem dies geschehen, muss die Hülfsrolle wieder ausgeschaltet werden; alle Drahtverbindungen müssen aber der Art sein, dass die Einschaltung jederzeit wieder innerhalb des Versuches recht schnell geschehen kann. In dieser Weise werden die nächsten Versuche ausgeführt.

---

1) Ueber die elektromotorische Kraft der Nerven und Muskeln. Dies Archiv 1867. S. 419.

Versuchs-zeit.	Electromotor. Kraft in Compensator-Graden.	Temperatur am Thermometer	Versuchs-zeit.	Compensator-Grade.	Temp. am Thermometer
	Daniel			Daniel	
12 h. 32½	42—0—52	= 101	12 h. 14½	**494**	**15**
38	410	18	18	467	12
44	415	12	33	54—0—50	= 104
46	**422**	**11**	36½	**390**	**18**
49	**422**	**9½**	41½	390	**14**
5½	37—0—68	= 105	43½	390	12
11	505	18			

In diesen Versuchen haben wir in der That eine Zunahme der Kraft bei der Abkühlung zur Mitteltemperatur, aber einige Male bleibt sie auch aus. Der Versuch muss vollständig constant werden. Vielleicht ist selbst die Abkühlung durch die Zimmerluft zu rasch; es wurde deshalb das warme Wasser, welches eben das Kästchen passirt hatte und das dabei eine Abkühlung erfährt, von Neuem oben in den Trichter gegossen, so dass jetzt die Temperatur in der That noch allmälicher abnahm, als bei der Abkühlung durch die Luft.

Versuchs-zeit.	Elektromotor. Kraft in Compensator-Graden.	Temp. am Thermometer	Versuchs-zeit.	Compensator-Grade.	Temp. am Thermometer	Versuchs-zeit.	Compensator-Grade.	Temp. am Thermometer
11 h. 32½	Auflag. d. N.		11 h. 47	Auflag.		11 h. 4½	Auflagerung	
43	428	16	53½	758	18	7	D. 24-0-67	= 91
49	**630**	**13**	58½	**785**	**14½**	11½	579	**18½**
51	597	11½	4½	774	12½	21	**600**	**14**
56	597	9½	13½	755	10	23	D 16½-0-74½	= 91
4	569	8				31½	**600**	**10**
						39	580	8

Zimmertemperatur 6½°.

Die Versuche zeigen hinreichend deutlich, dass unter den nothwendigen Cautelen bei der Abkühlung von der hohen zur Mitteltemperatur die gesunkene elektromotorische Kraft des Nervenstromes sich wieder erholt. Zur Technik dieser Versuche, die mit der grössten Genauigkeit ausgeführt werden müssen, ist noch zu bemerken, dass wenn in meinen Versuchen, bei denen im Allgemeinen von 18° angefangen wurde, etwa der 13.—12.° in der oben angegebenen Weise erreicht wurde, man die weitere Abkühlung dann der Luft überlassen konnte. Es müssen sich die von mir hier gegebenen Vorschriften im Allgemeinen nach der Zimmertemperatur richten; von dieser wird es abhängen, ob man das oben durchgesandte warme Wasser noch einmal aufgiessen muss, oder ob man die Abkühlung der Zimmerluft überlassen kann. Man hat nur dem Hauptsatz zu genügen, die Abkühlung so allmälich, als nur irgend möglich, vorzunehmen.

Ich habe dem Zufall noch die Kenntniss eines weiteren Factors zu verdanken, dessen Vernachlässigung ebenso den Versuch missglücken macht, wie zu rasche Abkühlung. Es ist folgender Versuch:

Versuchs-zeit.	Elektromotor. Kraft in Compensator-Graden.	Temperatur am Thermometer
51	Auflagerung und Beginn der Erwärmung.	
52	D.12—0—78	= 90
55	586	18
1½	572	15
4	550	14
8	540	12
25½	523	9
28	D.5½—0—85½	= 91

Trotz der ganz langsamen Abkühlung tritt keine Erhöhung der Kraft ein; der Unterschied gegen die früheren Versuche

liegt nur in einem Punkte, nämlich darin, dass zu der Temperatur 18° hier in kürzerer Zeit aufgestiegen war, als dort.

Man muss sich also auch hüten, selbst wenn man nur die Folgen der Abkühlung beobachten will, zu der Temperatur, von der aus man abkühlen will, zu schnell aufzusteigen.

Jetzt beherrschen wir die Erscheinung in weitestem Umfange. Es wird sich späterhin noch zeigen, von welch' ausserordentlich grossem Vortheil uns die so genaue Kenntniss aller hier in Betracht kommenden Factoren sein wird.

Fassen wir jetzt kurz unsere bisherigen Resultate zusammen, so ergiebt sich, dass die elektromotorische Kraft des Nervenstromes bei langsamer Erwärmung steigt; bei unserer Anordnung in den Grenzen von 9—18° C. ein Maximum erreicht, von dem sie wieder mit zunehmender Temperatur allmälich abfällt; ferner dass der Nervenstrom bei Abkühlung von dieser hohen Temperatur zur Mitteltemperatur, wenn dieselbe genügend langsam geschieht, wieder an Kraft gewinnt, um bei niederer Temperatur wieder an Kraft einzubüssen.

Wir haben diese Resultate gegen alle Einwände genügend vertheidigt; sie überhaupt nach allen Seiten auf breitester Basis gestützt.

Es wird jetzt an der Zeit sein, sich daran zu erinnern, dass wir für die bisher benutzte Methode des Kästchens eine ungenaue Bestimmung der absoluten Temperatur vorausgesetzt haben; wir wollen nun diesen Fehler corrigiren und die Temperaturerhöhung nach einer anderen Methode eintreten lassen, nach welcher wir die absoluten Temperaturen für das Maximum bestimmt werden erfahren können.

Man bedient sich hierzu am besten des Oelbades. Wir müssen ferner hier ebenso, wie schon im Anfange daran festhalten, dass die Elektroden unverrückbar aufgesetzt werden können, dass an ihnen überhaupt keine wesentliche Störung zu befürchten ist; es wird sich demnach empfehlen, auch hier die Temperaturen von aussen zuzuleiten. Ich habe hierfür folgende Einrichtung getroffen.

Auf einem gewöhnlichen Porzellanteller oder besser einem oblongen Porzellangefäss von entsprechenden Dimensionen, wird

ein gleicher Trog von 100 Mm. Länge und 60 Mm. Breite gesetzt, der auf drei kleinen Korkplatten als Füsschen ruht und auf dessen Boden in der Mitte ein Kork gekittet ist, auf den der Nerv aufgelegt wird. Der Trog wird mit Oliven- oder Mandelöl gefüllt. Neben die beiden Laugseiten des Troges kommen auf dass Grundgefäss zwei feste Holzleisten zu liegen, auf welche die Elektroden gestellt werden können. Ein Thermometer taucht in das Oel und steht hart an dem Kork; man achte darauf, dass dasselbe weder den Boden, noch die Seiten des Gefässes berühre. Die Temperaturerhöhung geschah in folgender Weise: es wurde im Anfang Wasser von etwa 40° auf den Teller gegossen bis nahe an den Rand des Troges; in bestimmter Zeit steigt die Temperatur etwa bis 18°; hierauf wird mit einem Heber, wozu ein kurzer Gummischlauch praktisch zu benutzen ist, das Wasser entfernt und neues von höherer Temperatur etwa 50° aufgegossen u. s. w. Will man abkühlen, so macht man es ebenso mit kaltem Wasser. Diese Einrichtung ist recht bequem und kostet bei Weitem weniger Mühe und Anstrengung, als die Temperirung des Kästchens.

Von den nächstfolgenden Versuchen wurden einige in Oliven-, andere in Mandelöl gemacht, nachdem wir uns vorher durch Versuche überzeugt hatten, dass der Nerv in beiden Medien in ähnlicher Weise mit der Zeit abnimmt, wie das in Luft der Fall ist. Für Olivenöl schien mir besonders der Abfall nach den ersten 5 Minuten etwas grösser, als in Luft; für das Mandelöl habe ich die Bemerkung nicht gemacht. Im Allgemeinen scheint die Abnahme eine grössere zu sein, als in Luft. Die hierher gehörigen Versuche werden weiter unten angeführt.

Folgendes sind die Versuche in Olivenöl von wechselnder Temperatur. (S. f. Tabelle.)

Nach diesen Versuchen liegt, wie wir vorausgesetzt haben, wegen der ungenauen Bestimmung der absoluten Temperatur auf dem Kästchen, das Maximum etwas höher, als dort und zwar zwischen 16—25° Celsius.

Ich lasse noch zwei Versuche folgen, die nach dem Vorgange von L. Hermann [1]), der das Mandelöl für den Muskel

1) Weitere Untersuchungen über die Ursache der elektromo-

angewendet hat, in demselben Oel angestellt sind, welches fortan allein zur Verwendung kommen soll.

Olivenöl.

Versuchszeit.	Elektromotor. Kraft in Compensator-Graden.	Temperatur am Thermometer	Versuchs-zeit.	Compensator-Grade.	Temperatur am Thermometer
11 h. 13—	528	6	3 h. 16—	435	5
18	565	15	19½	484	13
19	572	19	21	537	17
23	**574**	**24**	24½	**563**	**20**
25	564	32	26	484	25
29½	554	35	27½	452	26
51	588	10	33½	415	24
12 h. 1—	576	6	38½	379	16
6	**591**	**16**	47	290	9
8½	575	22	51½	282	7
10	540	30	57½	275	5½
12½	512	32	3½	271	15
14½	502	33	5	259	18
Zimmert. 7°. lq = 15 mm.			—		
44—	495	5	10 h. 19—	348	4
47½	508	14	25	**405**	**16**
49	**524**	**19**	29	385	28
50½	512	21	31½	368	32
53½	488	25	37	355	24
55	477	27	43½	347	13
59	437	23	51½	337	8
2½	418	18	55	325	6
6½	384	12	59½	323	15
			11 h. ½	**335**	**20**
			3½	**335**	**25**
			5	330	30
			10½	268	32
—			Zimmertemperatur 8°.		

rischen Erscheinungen an Muskeln und Nerven. Pflüger's Archiv. Bd. IV. S. 166.

Mandelöl.

Versuchszeit.	Elektromotor. Kraft in Compensator-Graden.	Temperatur am Thermometer	Versuchs-zeit.	Compensator-Grade.	Temperatur am Thermometer
10 h. 21½—	612	7	19 h. 24—	545	5
23	645	14	27½	**593**	**14**
25½	**714**	**18½**	29	**593**	**18**
26½	698	21	31½	590	20
27	686	24	33½	575	22
28	680	26	40	475	20
30	660	27	46½	434	15
35	655	24	53	508	10
39½	645	21	57	502	9
43	645	17	10 h. 4½	478	7
44	638	18	11½	470	6
48	638	13½	15	**492**	**17**
59	632	9	16½	450	19
			18	450	21
			20	450	21
			24½	450	18
			28½	447	13
			38	422	10
Zimmertemperatur 7°.			Zimmert. 6°. lq = 20 mm.		

Die Resultate sind dieselben, wie oben, nur haben wir schon im zweiten Versuche das Maximum der Stromkraft bei 14°; um nun allen vorkommenden Fällen zu genügen, wollen wir jetz definitiv die Temperatur von 14—25° als diejenige bezeichnen, bei welcher die elektromotorische Kraft des Nervenstromes ihr Maximum besitzt, um von da aus nach beiden Seiten hin, sowohl nach unten, als nach oben, abzunehmen.

Es tritt jetzt nun die Aufgabe an uns heran, auch für diese Versuche den Nachweis zu führen, dass bei der Wiederabkühlung zum Maximum eine Steigerung der elektromotorischen Kraft des Nerven eintrete. Wenn man indess mit Aufmerksamkeit die bezüglichen Versuche auf dem Kästchen durchmustert, so wird man sehen, wie sehr empfindlich der Nerv gegen Temperatureinflüsse ist und wie sehr zart der Nerv behandelt werden muss, um die Erscheinung der Zunahme des Stromes bei der Abkühlung zu geben. Wir haben sie nur dadurch erreicht, dass der Temperaturabfall so allmälich als mög-

lich bewerkstelligt wurde; dazu ist aber nothwendig, dass die Vorrichtung, durch welche der Nerv abgekühlt wird, die Temperatur, die ihr ertheilt wird, sehr schnell annimmt und ebenso schnell auch wieder abgeben kann. Nun involvirt diese langsame Abkühlung aber ihrerseits wieder eine andere Gefahr für diese Erscheinung; es kann nämlich bei allzu langsamer Abkühlung die Zunahme des Stromes im Maximum gewissermaassen übercompensirt werden durch die Abnahme des Stromes als Folge des Absterbens. Beim Oelbade befinden wir uns in diesem Dilemma: in Folge der grossen Wärmecapacität desselben dauert es ganz geraume Zeit, ehe z. B. Oel von 5°, wenn auf den Teller 40° warmes Wasser aufgegossen wurde, auch nur um einen Grad zu steigen beginnt. Aehnlich im umgekehrten Falle, wenn man abkühlt; nimmt man Eiswasser dazu, so geschieht die Abkühlung zu schnell, lässt man dieselbe durch die Zimmerluft eintreten, so tritt jener eben betrachtete Fall ein, dass die etwaige Zunahme bei der Abkühlung von der Abnahme als Folge des Absterbens übercompensirt wird. Ich habe deshalb und in Folge meiner Beobachtungen, die ich in den angeführten Oelversuchen gemacht habe, wobei ich ja natürlich mein Augenmerk auch darauf gerichtet hatte, von weiteren Bemühungen nach dieser Seite Abstand genommen, um so mehr, als die Versuche auf dem Kästchen ja vollständig beweiskräftig sind. Es kommen übrigens in den Oelversuchen da und dort Steigerungen bei der Abkühlung vor, von denen ich überzeugt bin, dass sie nichts anderes bedeuten, als was wir auf dem Kästchen gesehen. —

Um uns eine Vorstellung von der Grösse der Zunahme der elektromotorischen Kraft des Nervenstromes bei der Erwärmung zum Maximum machen zu können, sind im Folgenden die Zunahmen von zehn Versuchen procentisch berechnet und aus denselben die Mittelzahl genommen worden, welche uns das Gewünschte veranschaulichen wird. (S. f. Tabelle.)

Es beträgt also die Steigerung für die elektromotorische Kraft des Nervenstromes von ca. 2—4° bis zum Maximum ca. 20° die nicht geringe Zahl von 11·6 pCt., also etwa ein Zehntel des eigenen Werthes.

Nr.	Steigerung der E. K. von ca. 2—4° zum Maximum.	Steigerung in Procenten.	Mittelzahl.
I.	612—638	4 pCt.	
II.	687—810	17	
III.	760—820	7	
IV.	508—539	6	
V.	528—574	8	11·6 pCt.
VI.	435—563	29	
VII.	495—524	5	
VIII.	348—405	16	
IX.	612—714	16	
X.	545—593	8	

§ 4. Der Muskelstrom.

Dass der Einfluss hoher und niederer Temperaturen, die den Muskel starr machen, den Strom vernichten, ist vollständig zunächst von E. du Bois-Reymond gezeigt worden.[1]) Für zwischenliegende Temperaturen hat derselbe Autor später nachgewiesen, dass bei Erwärmung des Muskels durch Strahlung eines heissen Bolzens Erhöhung der Kraft um einen kleinen Bruchtheil eintrete; bei Abkühlung resp. Entfernung des erwärmenden Bolzens sank die Kraft sofort, um sich durch Erwärmung noch mehrere Male in die Höhe treiben zu lassen.[2]) Endlich hat L. Hermann dargethan, dass bei Eintauchung des Muskels in Mandelöl die Kraft in den Grenzen von ca. 0°—39° durch Abkühlung ein wenig, aber ausnahmslos vermindert, durch Erwärmung ebenso ausnahmslos gesteigert wird und zwar nur für die Dauer der einwirkenden Temperatur.[3])

1) Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. I. S. 179.

2) Ueber die Erscheinungsweise des Muskel- und Nervenstromes bei Anwendung der neuen Methoden zu deren Ableitung. Dies Archiv 1867. S. 275. Anmerkung 2.

3) Weitere Untersuchungen über die Ursache der elektromotorischen Erscheinungen an Muskel und Nerven. (Fortsetzung.) Pflüger's Archiv u. s. w. Bd. IV. S. 173—182.

Demnach wäre das Verhalten des Muskelstromes unter dem Einflusse der Temperatur hinreichend bekannt. Wenn ich trotzdem den Gegenstand noch einmal aufgenommen habe, so geschah es, weil ich gehofft hatte, aus meinen Erfahrungen am Nerven, auch für den Muskel noch etwas nachtragen zu können. Meine Aufmerksamkeit sollte sich wesentlich auf zwei Punkte richten und zwar 1) hat der Muskelstrom ein Maximum, ähnlich dem Nervenstrome, und wo liegt dasselbe; 2) gelingt es, nach Ueberschreitung des Maximums, ebenso wie beim Nerven, durch die Abkühlung zum Maximum, eine Erhöhung der Kraft zu beobachten oder ist das nicht der Fall.

Wenn man die Versuche von L. Hermann mit Rücksicht auf ein solches Maximum genau durchgeht, so sind es nur drei Versuche, die wir benutzen können; in diesen erreicht der Strom sein Maximum bei 30, 27 und 26°, um nach höheren Temperaturen wieder abzunehmen. — In unseren Versuchen gehen wir vor der Hand wieder zu unserem Kästchen zurück, um zunächst mit dessen Hülfe das Maximum darzustellen. An den Anordnungen wurde nur das Rheochord geändert; statt des dicken Drahtes trat jetzt ein dünner Kupferdraht von 0·57 Mm. ein. Durch Vorversuche am todten Muskel hatten wir uns auch hier überzeugt, dass bei unserer Anordnung keine Thermoströme auftreten.

Die folgenden Versuche sollen theils die Steigerung der elektromotorischen Kraft durch die Wärme zeigen, theils nach dem Maximum hin sondiren. Als Präparat wurde der Sartorius benutzt mit einem am oberen Ende angelegten mechanischen Querschnitt. (S. Tab. I auf der folgenden Seite)

Es steigt mit der Temperatur der Strom fortwährend, ohne bei 20° ein Maximum erreicht zu haben. Wir werden in den nächsten Versuchen über 20° hinausgehen und versuchen, das Maximum des Stromes festzustellen. (S. Tab. II ebenda.)

Der Muskel hat demnach gleich dem Nerven als Function der Temperatur ein Maximum, bei dessen Ueberschreiten die elektromotorische Kraft wieder abnimmt; es liegt dieses Maximum aber bedeutend höher als beim Nerven; die Differenz ist so bedeutend, das die extremste Zahl für das Maximum des

I.
Sartorien mit mechanischem Querschnitt.

Zeit des Versuchs.	Compensator-Grade.	Temperatur des Thermtrs.	Zeit des Versuchs.	Compensator-Grade.	Temperatur des Thermtrs.
10 h. 45—	313	4	12 h. 4½—	213	5
50	323	14½	46	244	14
56	289	5	55	211	5
11 h. —	302	13	58½	244	14½
6½	278	4½	1 h. 9	212	5
10	290	12½	12	241	14½
16½	262	4½	20	216	5
20½	272	13	23½	241	14½
Zimmertemperat. 9°. lq = 10 mm.			lq = 16 mm. Muskel zuckt noch.		
1 h. 35½—	437	5	31	618	4½
40	498	21	39	665	20
51	409	5	50	595	4½
55	453	20	56	625	20
2 h. 3	398	5	12 h. 5	568	5
7½	437	20	10	597	20
16	386	5	19½	548	5½
20	427	20	24	576	20
lq = 9 mm. Muskel zuckt noch.			lq = 11 mm. Muskel zuckt noch.		

II.
Sartorien.

Zeit des Versuchs.	Compensator-Grade.	Temperatur des Thermtrs.	Zeit des Versuchs.	Compensator-Grade.	Temperatur des Thermtrs.	Zeit des Versuchs.	Compensator-Grade.	Temperatur des Thermtrs.
12 h. —	118	5	27	284	5	21½	183	5
2½	164	18	29	328	15	25	237	22
4½	**174**	**29**	31	**370**	**26**	27	**240**	**28**
6½	170	32½	31½	272	38	31	218	27
						33	224	29
						35	**248**	**31**
						36½	242	32½
						44	158	20
lq = 8 mm.			lq = 10 mm. M. starr.			lq = 10 mm.		

Nerven noch nicht die niedrigste Zahl für das Maximum des Muskels erreicht; dort hatten wir es auf 9—18° festgesetzt; hier befindet es sich bei 26—32° C.

Wir haben uns aber jetzt, wie schon oben, zu erinnern, dass die absolute Temperaturbestimmung auf dem Kästchen keine richtige ist und dass das wirkliche Maximum noch höher liegen muss, als es uns auf dem Kästchen angegeben wird. Wir nehmen auch hier wieder unsere Zuflucht zu dem Oelbade, möchten aber gleichzeitig durch dieselbe Versuchsreihe einen Einwand beseitigen, der sich gegen die eben gefundenen Höhen des Maximums, welches sich im Oelbade noch erhöhen dürfte, machen liesse. Es hat nämlich du Bois-Reymond gezeigt, dass nach dem Auflegen des Muskels ein so starkes Ansteigen des Muskelstromes auftritt, dass die Stärke um mehr als den vierten Theil zunimmt. Die Dauer dieses Wachsthums beläuft sich auf 1—20 Minuten.[1]) Du Bois-Reymond hat ferner dargethan, dass die Quelle für diese Steigerung in der Säuerung des Muskels zu suchen sei; der dem Muskel anliegende Thon wird ebenfalls sauer und bildet mit dem neutralen Thone eine Flüssigkeitskette, deren Strom gleiche Richtung mit dem Muskelstrome hat und somit letzteren verstärken muss.[2])

Man könnte sich nämlich vorstellen, dass in unseren Versuchen, wo die Säurebildung auch noch durch die hohe Temperatur begünstigt wird, das Maximum wirklich tiefer liegt, als wir es gefunden haben; vielleicht in gleicher Höhe mit dem Maximum des Nervenstromes; dass aber die durch die Säuerung des Thones neu auftretende elektromotorische Kraft von bedeutender Grösse den Abfall des Stromes, der als Folge der Temperatursteigerung eintreten würde, übercompensirt, uns ein höher gelegenes Maximum vortäuscht und damit den wahren Sachverhalt verdeckt.

Um diesen Fehler zu vermeiden, werden in den nächsten Versuchen keine mechanischen Querschnitte mehr angelegt,

1) Ueber die Erscheinungsweise des Muskel- und Nervenstromes u. s. w. Dies Archiv 1867. S. 270.

2) Ebenda. S. 288.

sondern nach der Vorschrift von du Bois-Reymond thermische Querschnitte,[1]) und zwar am unteren Ende des Sartorius mit gleichzeitiger Erhaltung eines Stückes der Tibia, welches von allen Muskelresten sorglich gesäubert, der Querschnittselektrode als Fusspunkt dienen soll. Wenn der Muskel aus der 50 gradigen 3/4 pCt. Kochsalzlösung herausgenommen war, so kam er erst zur Abkühlung für einige Minuten zwischen einige Stücke kalter Muskeln. Erst so abgekühlt, wurde er in das gewöhnlich 5° warme Oelbad gebracht. Auf diese Weise war gewiss der Einfluss der Säuerung ausgeschlossen und zu hoffen, dass das sich bei so zugerichtetem Präparate ergebende Maximum der wahre Ausdruck der Thatsachen sein dürfte.

In den letzten Versuchen hatte sich gezeigt, dass der Draht des Rheochordes zu dünn war; die Abstufung der Compensator-Grade konnte nicht in genügender Feinheit vorgenommen werden. Da aber, wie schon in den Nervenversuchen sich ergeben hatte, der Hauptantheil an den Erfolgen der feinen Abstufung durch das Rheochord zuzuschreiben ist, womit ermöglicht wird, auch feine Differenzen von sonst grosser Constanz, hinreichend scharf zu bestimmen, so wurde der bisherige Draht durch einen neuen Kupferdraht ersetzt, welcher im Caliber zwischen den beiden bisher gebrauchten Drähten stand, mit einem Querschnitt von 0·8 Mm. Untersucht man so hergerichtete Muskeln in dem Mandelölbade bei einer constanten Temperatur von 5°, so ergab sich, dass die Kraft stetig und häufig, besonders bei der ersten Ablesung nach fünf Minuten, recht erheblich abnahm; es konnte aber auch eine Zunahme der Kraft eintreten, welche bald ein Maximum erreichte, um dann wie gewöhnlich, abzunehmen. Deshalb wurde in allen Versuchen erst durch zwei Ablesungen untersucht, ob eine Zu- oder Abnahme stattfände; in ersterem Falle wurde zunächst das Maximum abgewartet und erst dann mit der Erwärmung vorgegangen.

Folgendes sind die Versuche:

---

1) Ueber die negative Schwankung des Muskelstromes bei der Zusammenziehung. Dies Archiv 1873. S. 525.

In Mandelöl.
Sartorien mit thermischem Querschnitt.

Zeit des Versuchs.	Compensator-Grade.	Temperatur des Thermtrs.
36½	715	6
42½	704	13
45	722	16
46	753	20½
48	793	24
51½	882	28
53	912	30
58½	911	33
3½	**925**	**38**
5	922	41
7	864	43
8	Muskel starr und von der Elektr. zurückgezogen. Neue Aufl.	
11	549	42

Zimmertemperatur 5°.

Zeit des Versuchs.	Compensator-Grade.	Temperatur des Thermtrs.
31	517	6
36	525	16
37½	538	19
40	552	23
41½	569	27½
44	583	32
46	**588**	**35**
48	588	37
48½	586	38
50	583	40
51½	585(?)	42
54½	582	41
56½	572	39
57½	566	38
58½	558	36½
1 h. —	554	35
4	533	30

Muskel nicht starr.

Zeit des Versuchs.	Compensator-Grade.	Temperatur des Thermtrs.
55	571	5
3 h. —	557	17
1½	562	19
3	565	21
5	570	25
6	572	28
8½	574	30
10	**575**	**35**
12½	567	36
13½	560	38
15½	547	41
18	532	40
20	518	38
22	506	36
23	500	35
27½	486	30

Muskel nicht starr.

Zeit des Versuchs.	Compensator-Grade.	Temperatur des Thermtrs.
3	346	6
7	353	11
8	370	16
10	386	20½
14	443	26
15½	455	30½
18½	469	34
19½	476	36
20½	477	38
22	495	38½
25½	**515**	**40**
27	484	41
29	410	40
32	314	38
33	286	35

Muskel nicht starr. Zimmert. 5°.

Zeit des Versuchs.	Compensator-Grade.	Temperatur des Thermtrs.
18½	712	6
22½	697	16
23½	711	20
27	743	30
28	758	33
31	**767**	**37**
32	764	41
33	756	43
36	715	42½
39½	620	40
41½	590	38½
43	567	37
45	535	34
59	425	13

Muskel nicht starr.

Zeit des Versuchs.	Compensator-Grade.	Temperatur des Thermtrs.
38½	693	6
43	703	11
46	727	20
48	758	27½
51	796	31
53½	**815**	**35**
55½	800	36½
57	790	38½
58½	767	39
1	744	38
3	725	37
4	718	35½
6½	703	33
10	687	30
20	645	15
27	620	8

Muskel nicht starr.

In Mandelöl.

Sartorien mit thermischem Querschnitt.

Zeit des Versuchs.	Compensator-Grade.	Temperatur des Thermtrs.	Zeit des Versuchs.	Compensator-Grade.	Temperatur des Thermtrs.	Zeit des Versuchs.	Compensator-Grade.	Temperatur des Thermtrs.
35	578	6	53	441	4	11 h. —	530	5
38	585	18	57	450	17	5½	562	21
47	606	26	58½	460	20	10	609	30
48	617	31	1½	486	28	13	653	35
50	632	34	3	498	31	14½	656	37
51½	**641**	**35**	5½	524	35	16	**657**	**38**
53	638	37	6½	530	37	17	650	39
54½	631	38	8	533	38	19	651(?)	42
56	623	18	9	539	39	20	646	41
58	613	37	12	**544**	**40**	22	639	40
59½	605	36	13½	542	40	23	635	39
1½	597	35	14½	539	39	24	633	38
5	578	32	16½	538	38½	25½	628	37
8	568	30	19	532	36	26	624	36
16½	538	17	20½	526	36	28	618	34
20	525	13	21	**526**	**38**	29½	613	32
24½	515	10	23	523	40	33	605	30
			24	521	40	37	590	20
			26	520	40	45	569	10
			27	518	39½			
			29	513	38			
			30	508	37			
			31	504	36			
			33	500	34			
			38½	488	29			
Muskel nicht starr. Zimmert. 5°.			Muskel nicht starr.			Muskel nicht starr.		

Die eben mitgetheilten Versuche bieten uns bei näherer Besichtigung der Zahlen mancherlei interessante Punkte. Durch den Umstand, dass die Temperatur des Oeles so sehr langsam steigt, ist es zunächst möglich, fast bei jedem einzelnen Grade die Ablesungen zu machen, wodurch man in die angenehme Lage kommt, das Maximum der elektromotorischen Kraft mit aller Präcision feststellen zu können. Es fällt bei Weitem höher, als man hätte vermuthen können. Die Grenze für das Maximum, mit aller Schärfe fixirt, befindet sich bei 35—40°;

von hier sinkt der Strom zunächst bei noch höherer Temperatur ganz allmälich ab, um in der Nähe der Grenze für die Starre gekommen, erheblich abzufallen und dann, wenn der Muskel erstarrt, fast vollständig zu verschwinden, wie ein weiterer Versuch diesen Vorgang in Zahlen vorführen soll.

Dieses Maximum übersteigt dasjenige, welches aus den Hermann'schen Versuchen zu abstrahiren ist, um einige Grade; indess Hermann hat dieses Maximum gar nicht gesucht, so wenig wie er es in der Temperirung so weit getrieben hatte, wie das hier geschehen ist. Hermann hatte überhaupt einen ganz anderen Zweck im Auge und hat desshalb seine Versuche auch nach ganz anderer Richtung hin verfolgt. Dazu scheint, wie man vielleicht aus der Grösse der Compensatorgrade für die elektromotorische Kraft entnehmen kann, Hermann ein Rheochord von grösserem Widerstande benutzt zu haben, als das hier geschehen ist; vorausgesetzt die gleiche Kraft der Maasskette, über die ich keine Angaben finden konnte. Hermann scheint gewöhnlich Grenet'sche Elemente anzuwenden. Ich habe schon oben erwähnt, wie vielleicht der ganze Erfolg dieser Versuche auf der Feinheit der Abstufung beruht, die das benutzte Rheochord ermöglicht. Ich möchte deshalb das von mir gegebene Maximum für das Richtige halten. —

Halten wir uns an die Zahlen, welche die elektromotorische Kraft im Maximum angeben und verfolgen wir dieselben noch über dieses hinaus bis zu 41 und 43°, so können wir sehen, wie in der Mehrzahl der Fälle beim Zurückgehen zu niederer Temperatur der Muskelstrom ziemlich steil abfällt; viel steiler als man nach den Erfahrungen am Nerven erwarten sollte; jedenfalls viel rascher, als in einigen Versuchen, die in Folge dessen auch besondere Eigenthümlichkeiten zeigen und die wir unten noch aufsuchen werden. Man kann diesen steilen Abfall der Kraft nicht herleiten von einer zu raschen Abkühlung, weil dieselbe im Oel in der That nicht rasch vor sich geht; aber auch aus einem physiologischen Grunde, weil der Muskel, wie wir noch sehen werden, bei Weitem viel weniger gegen Temperaturwechsel empfindlich zu sein scheint. Der Grund ist offenbar ein anderer. Erreichen wir die Temperatur von 40—42°, so befinden

wir uns in nächster Nähe der Lebensgrenze des Muskels, denn schon bei 45° pflegt derselbe starr zu werden. Offenbar wird der Muskel in seiner Vitalität durch diese hohe Temperatur angegriffen und büsst deshalb viel von seiner elektromotorischen Fähigkeit ein; er nimmt daher unverhältnissmässig rasch ab. Die Folge davon scheint zu sein, dass eine spätere nochmalige Erwärmung keinen wesentlichen Effect auf die Stromkraft mehr äussert, wie wir das in Versuch auf S. 411 zu sehen Gelegenheit haben; ganz im Gegensatz zum Nerven, der bei wiederholter Erwärmung grösstentheils in entsprechender Weise mit seinem Strome reagirt. Aber da sein Maximum so viel tiefer liegt, als beim Muskel, so bleiben wir jener gefährlichen Nachbarschaft fern und retten seine Vitalität.

In einer Anzahl der aufgeführten Versuche ist es auffallend, wie gerade innerhalb der Temperaturgrade von 20—30° die Steigerung der elektromotorischen Kraft eine besonders grosse ist; es soll genügen, hier darauf aufmerksam gemacht zu haben.

Bisher haben wir niemals Gelegenheit genommen, über den Einfluss zu handeln, den die Zeit auf den Strom hat; indess wir hatten niemals nöthig, davon zu reden, weil uns kaum je eine Thatsache begegnet war, die uns diesen Einfluss bemerkbar gemacht hätte. Da dieser Einfluss aber bekanntlich stets vorhanden ist, so können wir annehmen, dass derselbe durch das Aufsteigen der Temperatur und folgeweise Erhöhung der Kraft so übercompensirt wird, dass er bisher von uns völlig vernachlässigt werden konnte. In den letzten Versuchen können wir aber einige Male sehen, dass beim Aufsteigen der Temperatur von 5 bis ca. 18° nicht nur keine Steigerung, sondern ein Fallen der elektromotorischen Kraft eintreten kann. Es müssen also hier sich Einflüsse geltend machen, die die Wirkung der Temperatur modificiren. Wir werden wohl nicht fehl gehen, wenn wir diese Modification auf die Zeit zurückführen, da es eine ziemlich lange Zeit dauert, ehe das Oel die Temperatursteigerung von 5 bis 20° vollendet hat. Wenn nicht alle Muskeln diese Modificationen erfahren, so beweist das nur, was wir schon wissen, dass die Zeit die verschiedenen Muskeln nicht in gleicher Weise beeinflusst. Mir scheint es aber sehr wahr-

scheinlich, dass auch das Oelbad an sich ein wenig zu dieser Modification beitragen könnte; der Abfall des Stromes fünf Minuten nach der ersten Ablesung dürfte grösser ausfallen, als das in Luft der Fall ist. Keinesfalls ist diese Wirkung aber bedeutend genug, um entschiedene Störungen zu verursachen. —

Wir haben oben schon gelegentlich bemerkt, dass der Muskel bei Weitem nicht so empfindlich gegen raschen Temperaturwechsel zu sein scheint, wie der Nerv; ich erinnere daran, wie der Nerv bei raschem Ansteigen der Temperatur gewöhnlich mit einem Sinken der elektromotorischen Kraft antwortet; wie sehr deletär eine rasche Abkühlung wirkt und welche Vorsichtsmaassregeln man beobachten muss, um die Erhöhung der elektromotorischen Kraft bei der Abkühlung zum Maximum zu erzielen. So empfindlich ist der Muskel durchaus nicht; auf ihn können Temperaturschwankungen geschwind einstürmen, ohne dass er alterirt wird; im Gegentheil, seine Kraft scheint dann erst recht zu steigen und steigert sich selbst dann noch, wenn die Temperatur schon wieder abnimmt.

Folgender Versuch wird dieses Verhalten veranschaulichen.

Rasches Steigen der Temperatur.

Zeit des Versuchs.	Compensator-Grade.	Temperatur des Therm.	Zeit des Versuchs.	Compensator-Grade.	Temperatur des Therm.
35½	317	6	50½	436	43½
38	340	19	52	442	43
40	366	30	53	445	42
42	390	33	55½	436	39
44	407	37	57	429	38
45	419	40	58½	424	36½
46½	422	41	11 h. —	419	34
47½	425	42½	8	380	16
49	430	44	18	356	8

Zimmertemperatur 6°.

Es steigt also die elektromotorische Kraft mit der Erwärmung trotz der Geschwindigkeit, mit der diese eingeleitet wird; sie steigt sogar noch bei der Wiederabkühlung, ohne vorher einmal gesunken gewesen zu sein. Der Grund hierfür liegt wahrscheinlich in dem Umstande, dass der Muskel bei so rascher Erwärmung nicht in seiner ganzen Dicke dieselbe Temperatur annimmt, wie sie das umgebende Oel und seine Oberfläche haben; dazu ist die Steigerung eben zu rasch. Während die oberflächlichen Schichten vielleicht schon an Stromkraft verlieren, steigt noch im Innern des Muskels in Folge der dort herrschenden geringeren Temperatur die elektromotorische Kraft, so dass die Resultante aller dieser Ströme noch eine Kraftsteigerung zeigt bei einer Temperatur, wo dies sonst nicht mehr der Fall ist und selbst bei der Abkühlung, ohne eine dazwischen fallende Verringerung des Stromes gezeigt zu haben.

Dieser Vorgang ist, wie leicht einzusehen, sehr wesentlich verschieden von jenem Versuche, wo das Maximum überschritten wird, d. h. wo bei einer höheren Temperatur, als der zuletzt voraufgegangenen, ein Sinken der Kraft eintritt gegen die voraufgegangene höhere Grösse derselben; geht man mit der Temperatur wieder zurück, so tritt jetzt bei einer niederen Temperatur, als die letzte war, eine Stromsteigerung ein. Man muss diese beiden Vorgänge sorgfältig von einander trennen und auseinander halten.

Es bleibt uns jetzt noch übrig, auf die zweite der beiden Fragen, welche im Entwurf zur Untersuchung des Muskelstromes aufgeworfen worden waren, zu antworten, ob es gelingt, nach Ueberschreitung des Maximums für die Wiederabkühlung zum Maximum eine Erhöhung der elektromotorischen Kraft des Muskels zu erzielen oder ob es nicht gelingt, und welches der Grund hierfür sei. Da wie ich oben gezeigt habe, der Muskelstrom nicht so empfindlich gegen Temperaturschwankungen ist, als der Nerv, so verzichtete ich darauf, zum Kästchen zurückzukehren, wie beim Nerven; sondern beschloss diesen Versuch auch im Oelbade zu machen, schon um der Möglichkeit eines Einflusses als Folge ungleicher Erwärmung, wie sie auf dem Kästchen bei einem so voluminösen Gebilde, wie es der Muskel ist, möglich wäre, zu entgehen.

Zeit des Versuchs.	Compensator-Grade.	Temperatur des Therm.	Zeit des Versuchs.	Compensator-Grade.	Temperatur des Therm.
11 h. 5	633	6	44	377	6
12	650	16	46	377	9
14	674	19	49½	397	20
17	710	26	53	418	27
20½	738	32	55	423	29
22½	*741*	*35*	57	428	30½
24½	736	36½	58½	432	35½
27½	735	42	59½	*433*	*36*
31	721	41	2	432	38
32	710	39½	3	425	39½
33	701	38	4	424	40½
34	692	36½	5	424	40
35	**680**	**35**	6½	427	39
37	**680**	**33**	8½	**430**	**38**
39	630	30	10	**430**	**37**
12 h. 12	479	7	11	**430**	**36**
			13	429	34
			15	427	32
			17½	425	30
			19½	418	27
			23½	415	20
Muskel nicht starr. Zimmert. 4°.			Muskel nicht starr.		

26½	569	4	51½	644	34
32½	627	15	54	659	37
34	650	18	55½	*668*	*40½*
36	678	20	57½	660	41½
38	707	26	½	665	40
39	731	28	3	**671**	**38**
44	792	33	5	669	36
46	*797*	*34*	9	*672*	*38½*
47	791	34	10½	671	39½
52	767	27	13	657	43
55	750	21	16	650	45
1	718	15	17½	645	48
7½	652	12	19½	551 (!)	49
33½	573	4	21½	500	52
39	583	13	24½	462	53
41	592	16	27	(Starre) 128	54
45	605	22	31	69	44
47	615	26	37½	52	49
50	630	30			

Wir ersehen aus diesen Versuchen, dass auch beim Muskel bei der Rückkehr zum Maximum eine Steigerung der gesunkenen elektromotorischen Kraft auftreten kann.

In dem ersten dieser drei Versuche ist eine solche Steigerung eigentlich nicht vorhanden, sondern wir finden darin nur eine Andeutung zum Steigen, indem trotz Zurückgehens der Temperatur kein Abfall, sondern Constanz des Stromes auftritt. Dies deutet diese Steigerung zum Maximum an, denn in meinen sehr zahlreichen Versuchen habe ich niemals beobachten können, dass bei der Abkühlung, wenn der Strom erst einmal im Sinken war, eine Differenz von zwei Graden nicht stets auch einen Abfall des Stromes zur Folge gehabt hätte.

Der zweite Versuch zeigt auf's Schönste den Vorgang der Kraftzunahme bei der Abkühlung zum Maximum; nachdem letzteres bei 36° erreicht und bis zu 40½° in drei Ablesungen überschritten war, trat beim Rückgange zu 39° eine allmäliche Zunahme ein, welche bei 38° ihr Maximum erreichte und sich bis zu 36° auf demselben erhielt, um bei 34° wieder abzusinken. Die Werthe dafür sind zwar klein, aber sehr sicher und vermittelst eines hinreichend feinen Rheochordes genug deutlich darzustellen. Im Scalenbilde selbst markirt sich der Vorgang allein schon sehr vortrefflich, da unter diesen Umständen 2—3 Scalentheile einem Millimeter-Compensator zu entsprechen pflegen. Aus diesem Versuche können wir aber noch etwas sehr Wesentliches herauslesen; das ist nämlich, worauf ich im gegentheiligen Falle aufmerksam gemacht habe, die ausserordentlich langsame Abnahme der Kraft nach Ueberschreitung des Maximums und ebenso bei der Abkühlung zum Maximum; wie mir scheint, als Hinweis darauf, dass dieser Muskel von der hohen Temperatur noch nicht gelitten hat.

Der dritte Versuch ist nach mehreren Seiten sehr instructiv. Zunächst war die Temperatur bis 34° gesteigert worden, ohne das Maximum erreicht zu haben; — es war durch einen Zufall augenblicklich kein wärmeres Wasser mehr vorhanden —; es wurde wieder abgekühlt, nochmals erwärmt und bei 40½° das Maximum erreicht, bei 41½° war es deutlich überschritten, bei der Abkühlung auf 40° nahm die Kraft wieder zu, um bei

38° das Maximum zu erreichen, das bei 36° schon wieder überschritten war; eine neue Erwärmung auf 38½° giebt wieder ein Maximum, das schon bei 39½° überschritten ist, um bei noch höherer Temperatur weiter überschritten zu werden. Wir ersehen daraus, wie bei der Abkühlung zum Maximum die Stromkraft zunimmt, wie alle Abfälle der Kraft sehr allmälich geschehen und wie im Gegensatz zu obigem Versuche nach Ueberschreitung des Maximums bei der Abkühlung die erneute Erwärmung auch wieder eine deutliche Steigerung der Kraft hervorrufen kann. In diesem Versuche sollte ausserdem das Verhalten des Stromes bis zur Starre untersucht werden; der Zufall war dem ausserordentlich günstig, da die Starre erst bei 54° eingetreten war, wodurch der Weg vom Maximum 38—40° bis zur Starre ein verhältnissmässig sehr weiter war, so dass der ganze Vorgang in die Länge gezogen ein sehr übersichtliches Resultat ergeben konnte. So sehen wir, dass nach überschrittenem Maximum der Strom allmälich ohne wesentlichen Sprung abnimmt bis zu 48°; von hier erfolgt aber bei der Zunahme der Temperatur um nur einen Grad bis zu 49 eine plötzliche Abnahme des Stromes um fast 100 Mm. des Compensators. Die nächstfolgenden Temperaturzunahmen geben nicht weniger steile Abfälle, dem schliesslich der steilste Abfall von 53 zu 54°, dem Eintreten der Starre, folgt: es fällt der Strom zur Starre plötzlich um über 300 Mm. des Compensators. Die Abkühlung von da zurück giebt ebenso rapide Abfälle. Jener Punkt, in der Tabelle durch ein Ausrufungszeichen markirt, wo der erste hervorstechende steile Abfall des Stromes bei der Erwärmung eintritt, bedeutet offenbar, wie oben angedeutet wurde, die Temperatur, wo die Muskelsubstanz durch die hohe Temperatur in ihrem Gefüge angegriffen wird.

Die Erscheinung, die in diesem Versuche durch die Gunst eines glücklichen Zufalles, über einen längeren Weg ausgedehnt, dadurch so ausserordentlich klar sich darstellt, tritt auch in allen übrigen Fällen ein, wo schon die Starre bei 45° eintritt; nur ist offenbar, dass durch Zusammendrängung auf einen kürzeren Weg, etwa auf den von 38—45°, der ganze Vorgang undeutlicher wird und in seinen einzelnen Phasen viel weniger

verständlich herausgelesen werden kann. Indess fehlt auch hier der Punkt nicht, in welchem, ohne dass schon die Starre erreicht wäre, ein sehr entschiedenes Sinken der elektromotorischen Kraft sich bemerkbar macht.

Beim Nervenstrom habe ich die Wege angegeben, auf denen es möglich ist, fast stets die Erhöhung bei der Kraft zum Maximum beobachten zu können. Auf das Studium der gleichen Erscheinung beim Muskel habe ich nicht mindere Sorgfalt verwendet, wie dort, ohne indess nach Belieben die Erscheinung hervorrufen zu können. Man findet nur in einer Reihe in gleicher Weise angestellter Versuche einige von der erwarteten Form. Dagegen kann man jedesmal, wenn man das Maximum auch nur um eine Ablesung überschritten hat, voraussagen, ob die Erscheinung eintreten werde oder nicht; und zwar entscheidet darüber der rasche Abfall, den wir schon wiederholt besprochen haben. Tritt dieser auf, so pflegt die Erholung gewiss nicht einzutreten; ich möchte annehmen, wie schon angedeutet ist, dass man dann den Punkt erreicht hatte, wo durch die Temperatur die Muskelsubstanz angegriffen wird.

Der Unterschied gegen den Nerven liegt also hier darin, dass das Maximum der oberen Lebensgrenze so nahe liegt, dass sehr bald der Moment erreicht ist, wo die Muskelsubstanz angegriffen wird. Dieser Punkt ist aber ein so variabler, wie die Lebensgrenze, die wir in jedem einzelnen Versuche nicht genau kennen; auf der anderen Seite müssen wir aber wieder für alle Fälle das Maximum, das jener Grenze so nahe liegt, überschreiten: so ist dem Experimentator die Möglichkeit benommen, hier unumschränkt zu herrschen; es tritt hier ein Factor mit ein, der nicht zu meistern ist; wenn man so sagen darf, die Individualität des Muskels. Das hindert indess nicht, die Erscheinung im Allgemeinen als festgestellt zu betrachten, wenn wir auch nicht in der Lage sind, über jeden speciellen Fall gebieten zu können.

Zur Technik dieser Versuche möchte ich noch bemerken, dass die Abkühlung zum Maximum durch die Zimmertemperatur eingeleitet wurde, ohne indess das warme Wasser in dem Aussen-

gefässe zu entfernen. Erst bei 32—30° wurde das warme Wasser entfernt und kaltes wieder aufgegossen. —

So sehen wir, wie sowohl beim Nerven- wie Muskelstrome die beiden Methoden der Untersuchung einander ergänzen, ohne dass aber die eine die andere überflüssig machen könnte. —

Wie oben für den Nervenstrom, so wollen wir auch hier für den Muskelstrom seine Zunahme an elektromotorischer Kraft bis zum Maximum procentisch ausdrücken.

Nr.	Steigerung der E. K. von ca. 4° bis zum Maximum.	Steigerung in Procenten.	Mittelzahl.
I.	715—925	29 pCt.	
II.	517—588	13	
III.	571—575	0·7	
IV.	346—515	48	
V.	712—767	7	
VI.	693—815	17	**20·8** pCt.
VII.	578—641	10	
VIII.	441—544	23	
IX.	530—657	23	
X.	633—741	17	
XI.	377—433	14	
XII.	569—797	40	

Diese Steigerung würde also ca. das Doppelte betragen wie für den Nervenstrom.

Berechnet man die Werthe aus den drei Versuchen am Kästchen, so stellt sich die Mittelzahl noch höher.

Nr.	Steigerung der E. K. von ca. 4° bis zum Maximum.	Steigerung in Procenten.	Mittelzahl.
I.	118—174	38 pCt.	
II.	284—370	30	**33** pCt.
III.	183—240	31	

Ich habe schon bemerkt, dass ich das Oelbad nicht für so ganz indifferent halte; wir werden der Wahrheit am nächsten kommen, wenn wir die beiden Mittelzahlen noch vereinigen und deren Mittel nehmen. Dasselbe beträgt **26·9** pCt.; es würde also der Muskelstrom um ca. ein Viertel seines Werthes bis zum Maximum zunehmen.

§. 5. Zusammenfassung der bisherigen Resultate.

Wir haben demnach gesehen, dass die elektromotorische Kraft des Nervenstromes von 2° an desto grösser ist, je höher die Temperatur, dass dieselbe ein Maximum zwischen 14—25° hat und bei höheren Graden wieder kleiner ist.

Die Kraft des Muskelstromes ist gleichfalls von 5° aufwärts desto grösser, je höher die Temperatur ist; sie hat zwischen 35—40° ihr Maximum und ist bei höheren Temperaturen wieder kleiner, bis sie endlich, wo die Starre eintritt, fast Null wird.

Halle, im April 1876.

Untersuchungen zur Gasometrie der Transsudate des Menschen.

Von

Dr. C. Anton Ewald,

I. Assistent der med. Klinik und Docent zu Berlin.

Zweite Abtheilung.

Die folgenden Untersuchungen reihen sich als zweites Stück den Bestimmungen an, welche ich zur Gasometrie der Transsudate des Menschen bereits im Jahre 1873 veröffentlicht habe. —

Wie jene die tropfbar flüssigen, so sollten diese die gasförmigen Produkte der Exsudation betreffen und ihre Beziehungen, sowohl zu den ersteren als zu der gesammten Kreislaufs-Oeconomie des Körpers betrachtet werden. Es ist Schicksal klinischer Beobachtungen, dass sie abhängig von dem jeweiligen Zufluss des Materials häufig mit unerwünschter Langsamkeit verlaufen, und gerade der vorliegenden Frage haben die letzten Jahre nur spärliche Ausbeute entgegengebracht. Aber es schien um so wünschenswerther eine gewisse Fülle des Materials zu erstreben, als die Arbeit — ursprünglich viel weiter geplant — dadurch, dass dem Verfasser mittlerweile die umfassenden Untersuchungen der Herren Demarquay und Leconte[1]) bekannt wurden, eine erhebliche Einschränkung erlitt. Diese Herren haben die Frage nach der Aenderung der Zusammensetzung, der Einwirkung auf den Organismus und der Art der Resorption von Gasen, welche man in Körperhöhlen oder das Unterhautzellgewebe injicirt, einer eingehenden Prüfung unter-

---

1) Demarquay, Essai de Pneumatologie médicale. Recherches physiologiques, cliniques et thérapeutiques sur les gaz. Paris 1866. Ferner eine Folge von Journal-Aufsätzen in den Archives générales.

zogen und sind, was die beiden letzten Punkte betrifft, zu dem überaus wichtigen Resultat gelangt, dass: 1) unter allen von ihnen injicirten Gasen und Gasgemengen (Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlensäure, Stickstoff, Schwefelwasserstoff, Schwefelammonium und Luft) nur Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium, entweder für sich allein oder nach Beimengung zuandern Gasen, eine schädliche Wirkung auf den Organismus resp. seine Gewebe ausüben, und dass: 2) eine Verschiedenheit in der Schnelligkeit, mit welcher verschiedene Gasarten resorbirt werden, in der Weise besteht, dass die Kohlensäure am schnellsten, der Stickstoff am langsamsten verschwindet, dass Sauerstoff, Wasserstoff und atmosphärische Luft zwischen jenen die Mitte halten und Gasgemenge der reinen Gase miteinander oder mit der Luft um so schneller aufgesaugt werden, je mehr Volumentheile eines leicht resorbirbaren Gases sie enthalten. —

Wenn diese Resultate, welche im Wesentlichsten nur eine breitere Ausführung der von früheren Forschern (Astley-Cooper[1]), Davy[2]), Wintrich[3]), Bouley und Clément[4]) angestellten Untersuchungen sind, schon wegen der Einfachheit der dazu nöthigen Beobachtungen, kaum beanstandet werden können, so ist dies mit der Antwort, welche die genannten Autoren auf die erste der oben aufgeworfenen Fragen, die quantitative und qualitative Aenderung der Gasgemische, geben, sicher nicht der Fall. Demarquay und Leconte operirten an der Peritonäalhöhle und am Unterhautzellgewebe, aber weder hier wie dort scheinen sie mit ihren Methoden einen wirklich sicheren Abschluss der injicirten Gase gegen die atmosphärische Luft erzielt zu haben.

Der Umstand, dass sie bei Injection reinen Sauerstoffs oder Wasserstoffs in den spätern analysirten Proben bedeutende Mengen Stickstoff finden, so z. B. bei Injection von Sauerstoff nach 60 Minuten 14·04 pCt. Stickstoff, 4·30 pCt. Kohlensäure und

1) Surgical and physiological Essays by John Abernethy. London 1793 p. 55.

2) Davy, Philosoph. Transact. of the roy. soc. of London 1823.

3) Wintrich, Krankht. der Respirationsorgane.

4) Bouley u. Clément, cit. bei Demarquay, Arch. génér. d. méd. t. XIV.

8·66 pCt. Sauerstoff, bei Injection von Wasserstoff nach 60 Minuten 19·75 pCt. Stickstoff, 2·82 pCt. Kohlensäure, 3·38 pCt. Sauerstoff und 74·05 pCt. Wasserstoff, würde, auch ohne eine entsprechende Bemerkung der Verfasser, auf eine Verunreinigung ihrer Gase mit atmosphärischer von Aussen eingedrungener Luft hinweisen, da uns von keinem flüssigen oder festen Gewebe des Körpers ein auch nur im entferntesten dem entsprechender Gehalt an gasförmigem Stickstoff bekannt ist. Aber sie geben diese Möglichkeit selbst zu, wenn sie an einer Stelle[1]) ihrer in verschiedenen Journalartikeln niedergelegten Arbeiten die eigenthümliche Erscheinung, dass die erhaltenen Absorptionswerthe für injicirten Wasserstoff im Allgemeinen grösser als für den Stickstoff zu sein scheinen, obgleich letzerer einen höheren Absorptionscoefficienten hat, direct durch die grössere Tendenz des Wasserstoffes, sich in der Atmosphäre zu verbreiten, erklären. Was für den Wasserstoff gilt, gilt aber auch für die Kohlensäure und wenn die Wasserstoffwerthe auf diese Art entstellt sind, so müssen es auch die Kohlensäurewerthe sein.

Der Hinweis auf diesen Umstand scheint mir aus folgendem Grunde wichtig:

Wir verstehen unter Spannungsausgleich zweier gegen einander diffundirenden (freien oder absorbirten) Gase denjenigen Zustand derselben, in welchem ihre Procentzahlen diesseits und jenseits des Diffusionsmenbran übereinstimmen. Die Grösse dieser Zahlen wird dann auf derjenigen Seite der Membran bestimmt, auf der die Menge des in der Zeiteinheit zuströmenden Gases am grössten resp. constant ist.

Injicirt man ein Gas oder Gasgemisch, also beispielsweise Sauerstoff und Kohlensäure, in eine abgeschlossene Körperhöhle und dasselbe verändert sich so lange, bis es schliesslich auf einem constanten Werth stehen bleibt, und hat man von Aussen kein neues Gas zuströmen lassen, so muss der endliche Werth die Grösse der Spannung jenseits der Zellwandungen des um-

---

1) Leconte et Demarquay. Études chimiques sur l'action physiologique et pathologique des gaz injectés dans les tissus des animaux vivants. Archiv. génér. de méd. V. sér. t. XIV. p. 424.

gebenden Gewebes, welchem fortwährend neue Mengen Sauerstoff und Kohlensäure zugeführt werden, vorstellen. Verändert sich aber der Procentgehalt eines Gases wie z. B. des Stickstoffes nicht oder nur sehr langsam, obgleich seine Menge in den Geweben bekanntermaassen ganz gering ist, so zeigt dies, dass das betreffende Gas nicht unter den einfachen Gesetzen der Absorption stehen kann oder dass sein Absorptionscoefficient nur ausserordentlich klein ist.

Auf dieser Betrachtung fussen die von mir angestellten Untersuchungen, über welche ich in dieser Abhandlung berichte.

Demarquay und Leconte haben zum Theil ähnliche Versuche wie ich angestellt, ohne sie allerdings im gleichen Sinne zu deuten. Wollte man dies aber thun, so würden ihre fehlerhaften Analysen auch zu fehlerhaften Schlüssen führen müssen. Demarquay und Leconte kommen zu dem Ergebniss, dass bevor überhaupt eine Resorption der injicirten Gase eintreten kann, ein Ausgleich zwischen den aus dem Blute stammenden und den injicirten Gasen nöthig ist, derart, dass das resultirende Gemisch eine gewisse Constanz der Zusammensetzung erlangt haben muss, um überhaupt resorbirbar zu sein. Ist es aber so weit gekommen, so ändert sich die Zusammensetzung eines solchen Gasgemisches nicht mehr, sondern es wird dann in toto und gleichmässig aufgesaugt, d. h. es ist nach dem Obigen zu einem Spannungsausgleich mit dem benachbarten Gewebe gekommen. Von der einen Seite wird so viel aufgenommen wie von der anderen abgegeben und es stellt sich ein mittlerer Spannungszustand her, dessen Grösse die constanten Werthe angeben. Nun liegen diese Werthe, wenn Luft, Stickstoff oder Wasserstoff in das Peritonäum oder Unterhautzellgewebe injicirt wurden, bei Demarquay und Leconte in der Mehrzahl der Fälle für den Sauerstoff zwischen 4 und 6 pCt., für die Kohlensäure zwischen 3 und 5 pCt., obschon einige nicht unbeträchliche Schwankungen nach Oben und Unten vorkommen. Diese Zahlen entsprechen nahezu den von Strassburg[1]) für die

1) Strassburg, Zur Topographie der Gasspannungen im thierischen Organismus. Pflüger's Archiv VI.

Spannung des arteriellen und venösen Blutes ermittelten Durchschnittswerthen, welche sich zu 4·05 pCt. für die Kohlensäure und 3·4 pCt. für den Sauerstoff beziffern, und so könnte es scheinen als ob die Spannung dieser Gase innerhalb der besagten Gewebe nur wenig von der des Blutes selbst unterschieden, d. h. der in jener Arbeit erbrachte Beweis, dass die Spannung der Kohlensäure in den fixen Geweben höher als im Blute ist, erschüttert sei. Diese Uebereinstimmung ist aber eine rein zufällige und das gegen die Zuverlässigkeit der Demarquay'schen Zahlen von mir vorgebrachte Bedenken kann auch dadurch nicht beseitigt werden, dass sich laut Aussage der Verfasser nach Verlauf einer gewissen Zeit eine dauernd gleiche Zusammensetzung der injicirten Gase eingestellt haben soll. Denn einmal kann man füglich nicht von einer Constanz der Zusammensetzung sprechen, wenn die Volumenprocente, wie dies in der von Demarquay und Leconte gegebenen Tabelle der Fall ist, von einer Stunde zur anderen um mehr als 2 pCt. schwanken, dann aber ist es leicht denkbar, dass der Wechselverkehr zwischen injicirtem Gas und umgebender atmosphärischer Luft nur in den ersten Stunden nach der Injection bei weit geblähten Hautdecken und starkem Druck energisch stattfand, später aber noch gerade ausreichte, um eine scheinbare aber unter den wahren Werthen liegende Constanz herbeizuführen. Nicht nur haben frühere Forscher (Wintrich, Davy) weit höhere Kohlensäure und Sauerstoff-Werthe selbst noch 24 und 48 Stunden nach der Injection erhalten, auch die neueren mit verbesserten Methoden angestellten Analysen von Sertoli[1]) (7—11 pCt. Kohlensäure nach zwei Stunden) und Strassburg[2]) (7·7 pCt. nach 2 Stunden) weisen auf weit höhere als die Demarquay'schen Mittelzahlen hin. Diese Gründe machen mir die Richtigkeit seiner Zahlen, deren Controle den Physiologen zukommt, sehr zweifelhaft. Ich habe sie von meinem Standpunkt aus beleuchten zu müssen geglaubt, weil ich wegen der damit nachgewiesenen Unzulänglich-

---

1) Sertoli, Ueber Bindung der Kohlensäure und Ausscheidung in den Lungen. Medic. chem. Untersuchungen herausg. von Hoppe-Seyler Bd. III.

2) a. a. O. 93.

keit der Methode, die ich für Thiere durch keine bessere zu ersetzen im Stande bin, das Thierexperiment bei Seite gelassen habe. Ich konnte dieses deshalb, weil ich mich auf die Lösung der Aufgabe beschränken wollte, wie hoch die Spannung der Gewebegase unter pathologischen Verhältnissen werden kann und die Bedingungen hierzu beim Menschen vorkommen. —

Es ist zweifelsohne für den Pathologen von allergrösstem Interesse, über die Aenderung, welche der Gasgehalt des Blutes, und zwar in erster Linie die leicht abdunstbaren Gase desselben, durch entzündliche Störungen zumal der Respirationsorgane erleidet, eine auch nur annähernde Kenntniss zu gewinnen und dies Interesse wächst, wenn es gelingt, nicht nur die Art dieser Störungen, sondern auch ihre Quelle ausfindig zu machen.

Während aber über den Stoffwechsel, die Wärmeöconomie, die Kreislaufs-Verhältnisse u. A. m. lokalisirter entzündlicher Prozesse ausgedehnte Untersuchungen angestellt sind, hat man bisher noch niemals versucht, auch dieser Frage gerecht zu werden. —

Dieselbe lässt sich von zwei Seiten aus angreifen. Entweder kann man nach Analogie der Wintrich'schen und Demarquay'schen Versuche die Zusammensetzung der Luft messen, welche längere Zeit und ohne directen Verkehr mit der Atmosphäre in Körperhöhlen verweilt hat, welche von entzündlichen Membranen umgeben sind, denn hier muss nothwendig die Spannung der einzelnen Gase des Luftraums derjenigen der angrenzenden Gewebe gleich sein, wenn anders ein Diffusionsverkehr zwischen beiden stattfindet, oder man kann die Spannung der Gase bestimmen, welche von Flüssigkeiten absorbirt sind, die längere Zeit im Innern einer Körperhöhle mit entzündeten Wänden verweilt haben, denn auch in diesem Fall müsste sich, ein Diffusionsaustausch überhaupt vorausgesetzt, die Spannung zwischen Gewebe der Wand und Flüssigkeit ausgeglichen haben.

Nach der oben gegebenen Deduction stellt dann jeder auf diese Weise ermittelte Werth die Spannung des Gewebes in dem Augenblick der Untersuchung vor, und aus der etwaigen Constanz dieser Werthe zu verschiedenen Zeiten würde sich auch die Constanz der entzündlichen Spannung ergeben. Eine

weitere Untersuchung hätte sich mit der Frage, welches der hier betheiligten Gewebe, ob Exsudatflüssigkeit, ob das circulirende Blut, ob die fixen Zellen die ursprüngliche Quelle der beobachteten Spannung ist, zu beschäftigen. Beide Wege habe ich beschritten und die Uebereinstimmung der auf diese Weise erhaltenen Resultate scheint mir eine derartige zu sein wie sie unter so komplexen Verhältnissen nur immer erwartet werden darf.

Im Wesentlichen musste ich mich dabei an die Ausmittelung der Kohlensäure-Spannung halten, der übrigens auch das grösste Interesse zukommt. Denn da ich mich bei diesen wie bei früheren Versuchen nicht des Vortheils begeben wollte, am kranken Menschen zu arbeiten, um so mehr als mich die oben auseinandergesetzten Verhältnisse direct darauf hinwiesen, so sind ihnen von vorn herein gewisse Schranken gesetzt worden, welche mir das Material auferlegte. Ich musste mir genügen lassen die oben gestellten Bedingungen wenigstens unter zwei Umständen verwirklicht zu sehen: dem Pneumothorax und dem pleuritischen Exsudat.

Da aber der Sauerstoffgehalt pleuritischer Exsudate, wie ich im ersten Theil dieser Abhandlung gezeigt habe. fast Null ist [1]), so mussten auch Bestimmungen seiner Spannung fortfallen.

Nun giebt es allerdings noch neben der Pleurahöhle andere Orte abnormer Luft- und Flüssigkeits-Ansammlung im Organismus, so vor Allem die Peritonäalhöhle, aber sie bieten vor jener nicht nur keine Vortheile dar, sondern stehen durch mannigfache Complicationen, (schwere Zugänglichkeit, Beimengung anderer Gase, z. B. aus dem Darmrohr, seltenes Vorkommen) enschieden hinter ihr zurück und ihre Ausnutzung würde erheblich erschwert sein. Schon diese Gründe, noch mehr aber die Ueberlegung, dass, was für die Pleura gilt, so weit es nicht specielle Eigenthümlichkeiten dieses Gewebes betrifft, und davon werden meine Versuche nicht berührt, jeden-

---

1) C. A. Ewald, Untersuchungen zur Gasometrie der Transsudate des Menschen. Dies Archiv, 1873, Heft 6.

falls auch auf andere entzündete Gewebe übertragen werden kann, haben mich bestimmt ausschliesslich diese Stelle zu benutzen. Hierbei ist ein anderer Vortheil nicht zu unterschätzen:

Bekanntlich ist es ein äusserst seltenes Vorkommen, dass sich beim Menschen ein Pneumothorax ohne gleichzeitige eitrige Exsudation der Pleura ausbildet respective entsteht. In der Mehrzahl der Fälle findet sich gasförmiges und tropfbarflüssiges Exsudat gepaart und man hat es mit einem Pyo- oder Seropneumothorax zu thun. Es leuchtet auf den ersten Blick ein, dass man hier durch den pathologischen Prozess die Bedingungen verwirklicht hat, welche für die normalen Gewebe (flüssige und feste) in den Arbeiten des Pflüger'schen und Ludwig'schen Laboratoriums durch complicirte Apparate erstrebt wurden, nämlich die, ein pathologisch verändertes Gewebe und Secret gegen eine allseitig abgeschlossene Gasmischung in Spannungsaustausch treten zu lassen. Man kann also durch die Analyse der pneumothoracischen Luft nicht nur die Spannung der Pleura, sondern auch die der Exsudate messen, wenn, wie hier als selbstverständliches Postulat stillschweigend vorausgesetzt wird, die Luft der Pleurahöhle durch irgend einen der hier möglichen und vielfach diskutirten Verschlüsse gegen die Lunge abgesperrt ist.

Für dies Verhalten geben aber die gewonnenen analytischen Werthe selbst in jedem Fall die beste Bürgschaft. Schon Demarquay hat darauf hingewiesen, dass hoher Sauerstoff- und niedriger Kohlensäure-Gehalt pneumothoracischer Luft auf eine bestehende offene Communication mit den Lungen hinweist. In Folgendem werde ich mehrere Analysen anzuführen haben, wo auf Grund eines solchen Befundes die Communication von Pleurahöhle und Lunge in einzelnen Fällen direct diagnosticirt und p. mortem bestätigt, in den andern angenommen werden konnte aber der directen Bestätigung entbehrte, da der Patient geheilt wurde.

Endlich aber lässt die gleichzeitige Analyse der pneumothoracischen Luft und der in der Toricelli'schen Leere aus dem Exsudat abdunstenden Gase erkennen, wie gross der Bruchtheil

der gesammten sog. locker gebundenen d. h. bei 0 Mm. Druck und o. Tension abdunstenden Kohlensäure ist, welcher sich unter Atmosphären-Druck und einer bestimmten Wasserdampfspannung abspaltet, und ob derselbe zu dem Gesammtgas in einem bestimmten wiederkehrenden Verhältniss steht.

Leider stehen mir aus rein technischen Gründen nur wenige solcher Doppelanalysen zu Gebote, weil es in den meisten Fällen schwer hielt uno tenore d. h. ohne eine doppelte Punction, sondern nur durch veränderte Richtung des Troicarts erst Gas und dann Eiter auszusaugen, und die Ausführung einer zweiten Punction unmittelbar nach der ersten, wie es doch im Sinne der Frage gewesen wäre, durch die Rücksicht auf die Patienten verhindert wurde.

Sämmtliche in Folgendem anzuführende Analysen wurden nach den bekannten Methoden ausgeführt, und das nach Absorption und event. Verpuffung von Kohlensäure und Sauerstoff bleibende Restgas als Stickstoff verrechnet. Die pneumothoracische Luft wurde durch das seitliche Rohr der Punktionsspritze direct am Krankenbett in die mit Quecksilber gefüllten Eudiometerröhren übergeführt und Sorge getragen, dass erst eine oder selbst zwei Spritzen voll Gas aufgesaugt und in die Luft entleert wurden, ehe das zur Analyse bestimmte Gas gesammelt wurde.

Das tropfbarflüssige Exsudat wurde in der bereits früher geschilderten Weise [1]) ausgesaugt und verarbeitet. Stets wurden die zu verwendenden Instrumente vorher auf ihren luftdichten Verschluss geprüft. Die umstehende Tabelle, in welcher die Reihenfolge, so weit dies möglich, die Zeitdauer des Pneumothorax einhält, ergiebt in übersichtlicher Anordnung die betreffende Daten. Da es sich in sämmtlichen Fällen um interne Ursachen (Lungen- oder Pleuraulcerationen, Bronchiectasen etc.) nicht um äussere Verletzungen, welche den Pneumothorax entstehen machten, handelte und in allen, mit einer Ausnahme, ein mehr weniger reichliches und wie ausdrücklich constatirt wurde eitriges Exsudat und ein mehr weniger starkes Fieber vorhanden war, so konnten die Bemerkungen aus der Krankengeschichte möglichst kurz gefasst und

1) Ewald, a. a. O. S. 666.

auf die für die Beurtheilung der Analyse nothwendigen Daten beschränkt werden. (Siehe Tabelle I S. 12.)

Ich werde nun zuerst die Ergebnisse der einzelnen Analysen, welche sich in gewisse Gruppen anordnen lassen, kurz besprechen und dann die allgemeinen Folgerungen daraus ableiten. —

Von diesen Analysen gehört die schon erwähnte erste, vierte und fünfte mit aller Sicherheit zu den Fällen, wo eine offene Communication zwischen Pleurahöhle und Lungen bestand. Sie charakterisiren sich durch ihre selbst bei längerem Bestand des Pneumothorax enorm niedrigen Kohlensäure- und dem entsprechend hohen Sauerstoff-Werthe und einen Stickstoffgehalt, welcher dem der atmosphärischen Luft nahezu gleichkommt. Wenn sich bei Analyse II schon am 2. Tage, bei Analyse III am 5. Tage des Bestehens des Pneumothorax Werthe für die Kohlensäure von 18 und 15 Volum. Procent finden, so müssen offenbar die niedrigen Werthe der Analysen I, IV und V in der ausgiebigsten Ventilation der Pleurahöhle ihren Grund haben. Bei IV ist dies durch die Section sicher gestellt, bei I und V durch die Krankengeschichte höchst wahrscheinlich gemacht. Nehmen wir nun von diesen drei Analysen die Durchschnittswerthe, so erhalten wir 2·77 pCt. K o h l e n s ä u r e, 16·75 pCt. S a u e r s t o f f u n d 80·5 pCt. S t i c k s t o f f, a l s m i t t l e r e Z u s a m m e n s e t z u n g e i n e s m i t d e r L u n g e i n o f f e n e r C o m m u n i c a t i o n s t e h e n d e n P n e u m o t h o r a x.

Es ist übrigens, beiläufig bemerkt, auch ohne grossen eudiometrischen Apparat, falls man nur eine kleine und unschädliche Punction nicht scheut, in allen Fällen leicht die Pneumothorax-Luft nach dieser Richtung hin zu untersuchen und diesen für die Prognostik nicht zu unterschätzenden Punkt sicher zu stellen: Man fülle eine gewöhnliche Bürette, deren Ausflussöffnung abgesperrt ist, mit einer gesättigten Salzwasser-Lösung, schliesse das offene Ende mit dem Daumen, kehre um und fixire dasselbe in bestimmter Höhe unter dem Spiegel eines mit derselben Salzwasser-Lösung gefüllten Gefässes. Wenn man nun mit einer etwa 50—100 Ccm. fassenden

Tabelle I.

Pleuritis und Pneumothorax.

Name.	Pleuritis.			Reaction u. Beschaff. d. Exsudats.	Pneumothorax.				Tag des Besteh.	Bemerkungen.
	CO_2	O	N		CO_2	O	N	SH_2		
I. Klein. 7/11 74.				Eitrig. Schw. sauer	2·3 2·04	18·15 17·35	79·53 80·59		I.	Ganz frischer Pneumothorax im Verlauf einer eitrigen Pleuritis mit Durchbruch nach d. Lungen und Eiter-Auswurf entstanden. 2 Portionen Luft getrennt aufgefangen u. analysirt.
II. Möll. 21/6 73.	70·17 1·68	1·14		Eitrig. Schw. sauer etwas faeculent riechend.	17·75	9·95	72·30		II.	Pyopneumothorax nach Pleuritis mit Sicherheit erst seit 2 Tagen nachweisbar. Gegen d. Lunge durch eine ventilartige Klappe, welche keine neue Luft eintreten liess, verschlossen. Uno tenore Eiter und dann Gas ausgesogen.
III. Franz 25/6 73.	57·20 4·16	2·09		Schmutzig braunroth undurchsichtig. Bodensatz aus Eiter u. rothen Blutzellen. Neutral?	15·13	3·94	80·92		V.	Pleuritis tuberculosa mit finalem Pneumothorax. Der Patn. starb 1 Tag nach d. Punction des Pneumoth. Der Eiter wurde 10 Stunden p. m. unter den gewöhnl. Cautelen entnommen.
IV. Trandes. 1/5 75.				Eitrig. Reaction?	1·76	18·93	79·31		VI.	Section ergab eine offene Communication mit einem ectatischen Bronchus.
V. Gerold. 4/3 73.					4·84	12·58	82·58		VIII.	Pneumothorax (bei Bronchiestase?). Allmählige Resorption und Heilung.
VI. Knauff. 24/12 73.					20·4	2·35	77·18		XI (?)	Phthisis mit amyloider Degenerat. Pneumothor. allmählig entstanden. Im pleuritischen Narbengewebe ein fast kirschkerngrosses Loch, welches in einen Bronchus mündet. Die Luft p. m. durch Punction entnommen.

VII. Gerold. 10/3 73.					9·09	91·01			XIV.	Derselbe Patient wie V. 6 Tage nach der ersten Punction.
VIII. Lehmann. 28/2 73.				Eitrig.	18·09	0·65	81·26		XXI.	Pleuropneumonie. Behufs Punction war eine Canule à demeure während 4 Tagen eingelegt. Danach während längerer Zeit unbestimmte Zeichen eines Pneumothorax. Punction desselben 21 Tage später.
IX. Lehmann. 3/3 73.	30·44 0·0	0·8	12·25	Eitrig mit Tendenz zur Jauchung.	19·34				XXIV.	Derselbe Kranke 3 Tage später. Die Sauerstoffbestimmung verunglückt.
X. Lehmann. 10/3 73.				Vollkommen verjaucht.	40·53	0·54	58·93	1·0	XXXI.	Derselbe Kranke. Das Gas wurde durch Punction 20½ Stunde p. m. gewonnen.
XI. Stangenberg. 9/6 72.	29·24 0·3	5·0	37·66	Dünnflüssig eitrig. Schw. alkal.	18·07	3·46	77·47		XIVL.	Pleuropneumonie. Der Pneumothorax war 35 Tage vor der Punction des Eiters entstanden und die Punction zur Gewinnung der Luft wurde 9 Tage nach jener angestellt.
XIII. Hiller. 4/2 75.				Serös alkalisch.	8·13	1·26	90·61		?	Seropneumothorax von unbestimmter Dauer bei einer Person mit Spitzenaffection. Wahrscheinlich etwa 8 Tage alt. Die Kranke musste ungeheilt entlassen werden.
XIV. Vetterle. 11/2 75.				Eitrig neutral.	6·81	17·57	75·60			Pleurit. purulent. Der Pneumothorax während einer Punction zum Ablassen des Eiters durch Zerreissung der Pleura entstanden und die Luft sofort durch Heben der Troicart-Spitze aufgefangen.
XV. Paul. 25/4 75.				Eiter. Reaction?	8·65	13·25	78·09		?	Pyopneumothorax in Folge einer bei Phthisis entstandenen und mit Durchbruch durch d. Bronchien entleerten Pleuritis. Später Verschluss der Pleuraöffnung Incision des VI. Intercostalraums und Heilung.

Spritze punctirt hat, deren Canüle nur die Dicke einer dünnen Stricknadel zu haben braucht, so kann man die Spitze der Canüle leicht derart schräg unter das Wasser halten, dass sie unter die Oeffnung der Bürette zu stehen kommt. Drückt man nun den Stempel langsam zu, so steigt das Gas in der Bürette hoch und man kann an der (freilich umgekehrten) Theilung der Bürette, den Stand des Wassers und die ungefähre Menge des Gases ablesen. Nun bringe man schnell ein etwa erbsengrosses Stück kaustischen Kali's unter die untere Bürettenöffnung, verschliesse die Bürette wieder mit dem Daumen, nehme sie aus dem Wasser, schüttele einige Male tüchtig um und tauche sie wieder in das Salzbad, indem man durch allmähliches Aufrichten der horizontal gehaltenen Bürette das Kalistückchen an der Kuppe antrocknen lässt. Sehr schnell wird die Kohlensäure bis auf geringe bei einem so rohen Versuch nicht in Betracht kommende Mengen absorbirt. Beträgt das absorbirte Volumen weniger als den zehnten Theil des gesammten Gases, so ist nach meinen Erfahrungen mit Sicherheit auf eine offene Communication mit den Lungen zu schliessen, oder, da die Umkehr des Satzes sich vielleicht noch augenfälliger in der Praxis zeigt, ist die absorbirte Menge mehr als ein Zehntheil des Gesammtvolumens, so ist luftdichter Abschluss der Pleurahöhle vorhanden. Wenn ich hierbei als Charakteristicum eines offenen Pneumothorax einen Kohlensäuregehalt von nicht über 10 pCt. angegeben habe, so ist damit wohl der äusserste Grenzwerth nach Oben hin gesetzt, wie er sich nach einigen später zu besprechenden Analysen unter Umständen stellen kann, im Allgemeinen aber kaum eine die Hälfte davon betragende Zahl anzunehmen. Ich habe in allerjüngster Zeit Gelegenheit gehabt auf das Resultat einer derartigen Probe-Analyse hin eine offene Communication zwischen Pleura und Lunge intra vitam zu diagnosticiren, obschon die Grösse des Pneumothorax eher auf das Gegentheil hindeutete. Ich fand zwischen 3 und 4 pCt. Kohlensäure am 4. Tage des Bestehens und am zweiten Tage vor dem Tode des Patienten. Die Obduction ergab ein linsengrosses, wie ausgeschlagenes Loch in der fast intacten Pleura der gänzlich geschrumpften Lunge,

welches direkt in einen Bronchus hineinführte. Da die Bestimmung der Kohlensäure in diesem Falle nur eine approximative war so ist er nicht in die Tabelle aufgenommen worden.

Gegen den naheliegenden Versuch aus diesen Werthen Schlüsse in Beziehung auf den Kohlensäuregehalt der Alveolen kranken Lungengewebes ziehen zu wollen, möchte ich mich aber sofort verwahren. Die pathologisch-anatomischen Verhältnisse sind in diesen Fällen zu allermeist derart, dass eine unausgesetzte und durchaus ausgiebige Ventilation, und zwar mit Ausschluss jeglichen respirationsfähigen Gewebes direkt in die Bronchien zweiter und dritter Ordnung hinein stattfindet, der regelrechte Gasaustausch der Lungencapillaren entweder überhaupt nicht oder nur im allergeringsten Maasse besteht und die etwa abdunstenden Gase sofort entfernt werden. Daher darf es nicht Wunder nehmen, wenn diese Zahlen hinter denen, welche für die Residualluft der Lungen (6·6 pCt. Vierordt[1]), für die Spannung abgeschlossener Lungenpartieen (5·1 bis 5·86 als Maximalwerthe, Wolffberg[2]), oder gar für die p. m. aus den Lungen genommene Luft (bis 12·2 pCt. Davy[3]) gefunden sind, weit zurückbleiben. Sie berechtigen zu weiter Nichts als dem Schluss, dass gegebenen Falls eine offene Communication zwischen Pleura uud Lunge bestanden hat, dies aber so sicher, dass ich nicht anstehe in dem Fall VI, welcher eine Luft mit 20·4 pCt. Kohlensäure, 2·35 pCt. Sauerstoff und 79·18 pCt. Stickstoff enthielt, obwohl das Gas erst p. m. aufgefangen wurde und die Section eine fast kirschkerngrosse direkt in einen Bronchus führende Oeffnung der Pleura nachwies, eine feste Verlegung derselben bis zum Augenblick der Leichenöffnung, etwa durch einen zähen Schleimpfropf, anzunehmen. Ich habe diese Analyse deshalb zu den Fällen von abgeschlossenem Pneumothorax gerechnet.

Solcher Fälle stehen mir mit gleichzeitig eitrigem Exsudat,

---

1) K. Vierordt, Physiologie der Athmung mit besonderer Rücksicht auf die Ausscheidung der Kohlensäure. Karlsruhe 1845.

2) S. Wolffberg, Ueber die Spannnng der Blutgase in den Lungencapillaren. Pflüger's Archiv IV S. 474 und VI S. 26.

3) a. a. O.

sechs, mit serösem einer zu Gebote. Letzterer ist getrennt von den übrigen zu besprechen.

Es darf nun billig Wunder nehmen, dass das Resultat dieser sechs Analysen, obgleich sie zu so verschiedenen Zeiten, unter so verschiedenen Umständen und nach so verschiedenen Entstehungsursachen angestellt sind, verhältnissmässig so geringe Unterschiede für jede Gasart bei Vergleich der einzelnen Analysen giebt. Die grösste Differenz für die Kohlensäure beträgt 5·27 pCt., für den Sauerstoff, mit Fortlassung der Analyse II, deren hoher Sauerstoffgehalt offenbar durch den kurzen zweitägigen Bestand des Pneumothorax bedingt ist, 3·29 pCt., für den Stickstoff 4·08 pCt. Da diese Analysen in die Zeit vom zweiten bez. fünften bis zum vierunddreisigsten Tage fallen, so kann man daraus zu Recht schliessen, dass nach kurzer Zeit eine gewisse Stetigkeit der Zusammensetzung, welche von gemeinsamen gleichen Bedingungen abhängt, eintritt und ist berechtigt die zu berechnenden Durchschnittswerthe als den Typus des Gasgehaltes eines geschlossenen Pneumothorax aufzustellen. Dieselben sind: 18·13 pCt. Kohlensäure, 2·6 pCt. Sauerstoff und 79·81 pCt. Stickstoff.

In diesen Mittelwerthen nähert sich die Zahl des Stickstoffs und die Summe von Sauerstoff und Kohlensäure nahezu dem Sauerstoff und Stickstoff der atmosphärischen Luft, und da 2 Volumina Sauerstoff und 1 Volumen Kohlenstoff 2 Volumina Kohlensäure geben, so werden wir direkt auf die Möglichkeit hingewiesen, dass die gesammte Kohlensäure der pneumothoracischen Luft durch Oxydationsprozesse in den Exsudaten bedingt ist. In der That ist es von vorne herein nicht zu bestreiten, dass durch den Zutritt von Luft saure Produkte in dem eitrigen Exsudate gebildet werden, Kohlensäure frei gemacht und als neuer Summand der schon vorhandenen zugesellt werden kann. Aber ich stelle die direkte Abhängigkeit der Kohlensäure der pneumothoracischen Luft von diesem Vorgang in Abrede und werde in der Folge zu zeigen haben, dass die letztere durch andere Momente bestimmt wird, so dass die Uebereinstimmung

zwischen dem verschwundenen Sauerstoff und der gebildeten Kohlensäure nur zufällig ist.

Eine eigenthümliche Sonderstellung nimmt diesen Analysen gegenüber der Fall VIII ein, wo es sich um einen Sero-Pneumothorax mit 8·13 pCt. Kohlensäure, 1·26 pCt. Sauerstoff und 90·61 pCt Stickstoff handelte und bemerkt werden muss, dass kein Symptom auf eine etwaige offene Communication zwischen Lunge und Pleurahöhle hinwies. Nicht nur der Kohlensäure-Gehalt, dessen geringe Höhe wohl in Zusammenhang mit der serösen Beschaffenheit des flüssigen Exsudates steht, sondern vor Allem die abnorme Menge Stickstoff resp. Restgas rechtfertigt den Verdacht, es möge ein analytischer Fehler vorliegen. Leider ist dieser Fall vereinzelt geblieben und die Gasmenge reichte zu einer Doppelanalyse nicht aus. Da der Sauerstoff mit Kalipyrogallat absorbirt wurde und die Schwämme mit dem Kalipyrogallat[1]) nach der Absorption in andern Röhren auf ihre Wirksamkeit mit positivem Erfolg geprüft wurden, so können die niedrigen Werthe für Sauerstoff und Kohlensäure nicht beanstandet werden, zumal sie nicht direkt unwahrscheinlich sind. Hiervon ist aber die procentarische Stickstoffgrösse, falls derselben nicht noch andere Gase beigemengt sind, was ich nach meinen früheren Analysen bezweifele, in grader Linie abhängig. Es muss mir vorerst genügen die Gültigkeit der analytischen Werthe, eben weil sie sich so schroff aus dem Rahmen der übrigen hervorheben, gesichert zu haben. Eine eingehende Betrachtung und damit die ihm zukommende Stelle wird dieser Fall erst nach der Beschreibung anderer Versuche, welche später besprochen werden, erhalten können, dann aber seine scheinbare Ausnahmestellung verlieren und sich als durchaus gesetzmässig erweisen.

---

1) Ich bediente mich in letzter Zeit statt der in Kugelform gepressten Kugeln von Papier maché kleiner kugelig geschnittener Stückchen von reinem dichten Schwamm, welche auf Platindräthe aufgehakt werden. Dieselben lassen sich, nachdem sie vorher in Kalipyrogallat getaucht sind, vollkommen luftfrei unter Quecksilber ausdrücken und in die Absorptionsröhren einführen. Sie sind leichter und schneller herzustellen wie die Papierkugeln, absorbiren aber energischer.

Eine Art Mittelstellung zwischen den Analysen letzt- und erstgenannter Gruppe nehmen die Fälle VII, XIV und XV ein. Obgleich in jedem derselben das Vorhandensein einer direkten Communication mit der Lunge nach Aussage der Krankengeschichte höchst wahrscheinlich ist, ja für den Fall XIV zwingende Gründe zu der Annahme vorliegen, dass der Pneumothorax erst im Momente der Punction einer eitrigen Pleuritis, wahrscheinlich unter Ruptur des Pleuragewebes in Folge zu starker Aspiration, entstanden ist (cfr. Ewald, zur operativen Behandlung pleuritischer Exsudate.), sind die erhaltenen Kohlensäure Werthe doch zu hoch um einen directen Austausch zwischen Pleuragas und Luft, wie in den Fällen der ersten Gruppe und zu niedrig um einen abgeschlossenen Pneumothorax wie in denen der zweiten anzunehmen. Sie sind aber fast gleich denen, welche Demarquay und Leconte in einem Fall von Hydropneumothorax avec communication pleuro-pulmonaire gefunden haben. Es wurden in diesem Fall an zwei Tagen jedesmal mehrere Proben Pleura-Gas kurz hintereinander durch Punction entnommen. Die betreffenden Zahlen waren hier für die Kohlensäure am ersten Tage in der ersten Probe 10·82, in der zweiten 8·823 pCt., bei einem zweiten vier Tage später angestellten Versuche 11·16, 9·36, 7·96 und 1·53 pCt., während die gleichzeitigen entsprechenden Sauerstoffwerthe 1·54, 5·392 und 0·49, 5·42, 9·45 und 15·37 sind. Hieraus sieht man ganz deutlich, dass die Communicationsöffnnng an beiden Punctionstagen anfänglich nicht genügend durchgängig gewesen sein muss und sich erst in Folge der Entziehung des Pleuragases und des dadurch relativ wachsenden Druckes der Lungenluft erweitert hat. Dasselbe muss in meinen Fällen stattgehabt haben. Sie sind in ihren analytischen Ergebnissen characteristisch für einen ungenügenden, vielleicht nach Art eines schlecht wirkenden Ventils verlegten, pleurapulmonalen Verbindungsweg. Vielleicht haben wir im Fall XIV ein Bild der Lungen-

---

1) Charité-Annalen 1874 S. 153. Einen durch meine Abwesenheit bei der Superrevision der Correctur entstandenen Druckfehler bitte ich hier Zeile 2 von unten dahin zu berichtigen, dass es statt „nur 0·3 pCt. Sauerstoff" heissen muss „17·0 pCt. Sauerstoff".

luft unter pathologischen Verhältnissen vor uns, da das Gas im Moment des Entstehens auch schon zum Zweck der Analyse entfernt wurde und kaum Zeit zu einem ausreichenden Ausgleich mit dem Gase des Exsudates gefunden haben kann. Obgleich der von Vierordt bei vermehrter Puls- und Respirationsfrequenz gefundene Werth von 6·22 pCt. Kohlensäure der Exspirationsluft bei 15 Athemzügen und 201 Pulsen in der Minute mit dem hier erhaltenen Resultat von 6·8 pCt. in guter Uebereinstimmung steht, lassen doch andere später zu erörternde Thatsachen diese Annahme bezweifeln, und es muss genügen auf diese Möglichkeit hingewiesen zu haben.

Es bleibt endlich die Analyse X. Dieselbe betrifft ein Gasgemenge, welches 20 Stunden p. m. aufgefangen wurde, nachdem sich ein eitriger Pneumothorax, von dessen Luftbeschaffenheit die Analysen VIII und IX Kenntniss geben, in einen jauchigen Pneumothorax umgewandelt hatte. Es kann hier nicht von einer etwa erst p. m. entstandenen Zersetzung und Umbildung des Exsudates resp. der Luft die Rede sein. Ersteres nicht deshalb, weil die jauchige Beschaffenheit des Exsudates sich schon längere Zeit vor dem Tode durch characteristische Zeichen kund gab, letzteres, weil uns die Analyse III mit ihrer gleichfalls erst vor der Section entnommenen Luft, deren Zusammensetzung von 15·13 pCt. Kohlensäure, 3·94 pCt. Sauerstoff und 80·92 pCt. Stickstoff in Nichts von den anderen während des Lebens angestellten Analysen abweicht, beweist, dass ein kurzer Aufenthalt der Luft im todten Körper keine wesentliche Aenderung der Gasbeschaffenheit hervorrufen kann. Die 40·53 pCt. Kohlensäure, 0·54 Sauerstoff, 58·93 Stickstoff und 1·0 Schwefelwasserstoff zeigen, wie mächtig die Kohlensäure unter dem Einfluss des mit der Verjauchung verbundenen Zersetzungsprozesses und der damit Hand in Hand gehenden Säurebildung anwachsen, wie der Sauerstoff fast vollständig verschwinden und als neuer Bestandtheil Schwefelwasserstoff auftreten kann. Gleichzeitig wird in Folge der veränderten Zusammensetzung der procentarische Gehalt an Stickstoff um fast ein Drittheil herabgedrückt. Ein Vergleich mit einer 7 Tage vorher angestellten Analyse des damals noch nicht verjauchten Exsudates (Eiter) ergiebt das interessante

Factum, dass der Kohlensäuregehalt der Luft gegen den des Eiters bei gleichbleibendem Sauerstoffgehalt um fast ein Drittheil gewachsen ist, und ein Vergleich mit der zu eben jener Zeit angestellten Luftanalyse, dass er gegen jene um über das doppelte zugenommen hat d. h. dass die Acidität des Eiters der von demselben Patienten stammenden Analysen VIII und IX, wenn überhaupt vorhanden, lange nicht ausreichte um auch nur die Hälfte der gesammten austreibbaren Kohlensäure frei zu machen. — Gasanalysen des neben dem Pneumothorax bestehenden Exsudates konnten nun leider nur in der Minderzahl der Fälle angestellt werden, indessen vertheilen sie sich glücklicherweise derartig über die Gesammtzahl, dass sich mit Sicherheit die Unabhängigkeit der Zusammensetzung des Pneumothorax-Gases von dem Eiter-Gase, wenigstens bis zu einem bestimmten Punkte ergiebt. Es wird am besten sein die Erörterung der auf diese Weise gewonnenen Zahlen sofort mit der Ableitung der allgemeinen Schlussfolgerungen zu verbinden.

Vergleicht man nun zuerst die Kohlensäure-Zahlen der auspumpbaren locker gebundenen Eitergase mit denen der über dem Eiter stehenden Luft in den betreffenden Analysen II, III, IX und XI, so ergiebt sich eine Maximal-Differenz der einzelnen Luftanalysen untereinander von 4·13 pCt. während sie für den Eiter den enormen Werth von 40·93 pCt. erreicht. Ich habe in dem ersten Theil dieser Abhandlung die Gründe entwickelt wodurch diese Differenzen im Gasgehalte der tropfbar flüssigen Exsudate, welche offenbar mit der Dauer und Beschaffenheit derselben in Zusammenhang stehen, bedingt werden und brauche an dieser Stelle nicht darauf zurückzukommen. Es möge aus jenen Versuchen nur noch einmal hervorgehoben werden, dass diejenige Menge von Gas, in specie von Kohlensäure, welche bei 0 Mm. Druck gegen das Vacuum aus verschiedenen Exsudaten abdunstet, eine ganz verschiedene ist und durchaus keine constanten Werthe zeigt. Hier interessirt uns vor Allem das fundamentale Factum, dass, während der Kohlensäuregehalt der Exsudate so mächtig schwankt, die aus der pneumothoracischen Luft gewonnenen Werthe innerhalb so enger Grenzen eingeschlossen sind und sich durchaus disproportional zú denen der Exsudate verhalten.

Diese Thatsache, welche sich klar und deutlich aus den gewonnenen Werthen ergiebt, ist aber für die folgenden Betrachtungen von maassgebender Wichtigkeit, weil sie uns zeigt, dass die Kohlensäure der Luft nur in beschränktem Maasse von derjenigen der Exsudate abhängig sein kann, etwa in so fern als diese die Quelle jener abgeben würde. Offenbar muss noch ein Regulator vorhanden sein, welcher dem erschöpfenden Abfluss derselben aus dem Exsudate steuert. Ein solcher Regulator kann aber nirgend anderswo gesucht werden als in dem Widerstand, welchen eine ausserhalb der Exsudate und jener Luft gelegenen Kraft dem Abdunsten des Gases aus dem Eiter entgegensetzt und die einzige Stelle, wo diese Kraft gesucht werden kann, liegt in dem umgebenden Gewebe und bedeutet nichts Anderes als die Gasspannung desselben. Jedenfalls zeigt die Ungleichheit jener ersten, der Eiter-Gas-Werthe, die annähernde Gleichartigkeit der zweiten, der Luftwerthe, dass wir hier ein Maximum vor uns haben. Die Bedingungen desselben können nicht wohl in der Kohlensäure der Exsudate und einem nur passiven Auftreten derselben in dem Pleuragewebe gesucht werden.

Denn wollte man den in diesen Versuchen leitenden Gedanken und der aus ihnen sich ergebenden Betrachtungsweise den Einwand machen, dass die beobachtete Kohlensäure nicht der Spannung der Gewebe, sondern einer in dem Exsudat auftretenden die Carbonate desselben zersetzenden Säurebildung entspreche, so würde der Hinweis auf die Analyse X mit ihrem bei wenig starker Acidität so grossem Kohlensäure-Gehalt so wie die Thatsache, dass sich eine fast gleich zusammengesetzte Luft über Exsudaten mit saurer, neutraler und alkalischer Reaction befand, derartige Bedenken entkräften müssen. Denn dies beweist zur Genüge, dass einmal die pathologischen Verhältnisse dem Abdunsten ungeheurer Kohlensäure-Mengen aus dem Exsudate unter zwingenden Umständen keinen Widerstand entgegensetzen können, dass andererseits aber in der inneren Säuerung der Exsudate nicht die Gründe liegen, welche eine Vermehrung der ausdunstenden Kohlensäure bewirken, weil die ohnehin geringe Acidität derselben

einen nennenswerthen Unterschied in dem Gasgehalt der Pneumothorax-Luft selbst dann nicht hervorrufen kann, wenn die gesammte lockere Kohlensäure, welche im flüssigen Exsudat vorhanden ist, erheblich wachsen sollte. Letztere setzt sich offenbar aus zwei Componenten zusammen, von denen die eine constant und eine Function der Gewebsspannung, die andere aber variabel ist und sich mit der Beschaffenheit des Exsudates gewissermaassen von innen heraus ändert. Hierin liegt aber zugleich ein zwingender Beweis dafür, dass wir es nicht etwa mit einer leblosen, starren und undurchdringlichen Wand zu thun haben, welche die Pneumothorax-Luft einkapselt. Bekanntlich findet man bei den Sectionen der an Pneumothorax verstorbenen Personen nicht selten einen mehr weniger grossen Bruchtheil der Pleuren nicht mehr in dem Zustande einer frischen Entzündung sondern im Gegentheil auf dem Wege der retrogressiven Metamorphose, in fettiger Umwandlung, in moleculärem Zerfall, in Mortification des Gewebes begriffen. Auf dies Verhalten hin könnte aber nicht ohne Grund der Einwurf gemacht werden, dass es sich in meinen Versuchen überhaupt nicht um ein lebendes entzündetes Gewebe und seinen Einfluss auf die umgebende Luft handele. Aber wenn Dies in der That nicht statt hätte, wenn die Luft des Pneumothorax einfach von einer indifferenten Wand verschlossen wäre, wie wollte man damit die gefundenen Differenzen der Reaction und der ausgepumpten Gase der flüssigen Exsudate einerseits, die fast constante Zusammensetzung der über ihnen befindlichen Luft andrerseits vereinbaren? Und wenn wirklich das überwiegende und bestimmende Moment bei diesen Vorgängen das absterbende und verfettende Pleuragewebe bildete, so würde auch damit die Constanz der Luftzusammensetzung nicht in Einklang zu bringen sein, weil die bei einem solchen Prozess auftretende Säurebildung und Zersetzung unausbleiblich zu einem stetigen Wachsen der Kohlensäurewerthe führen müsste. Meine analytischen Ergebnisse sind mir im Gegentheil ein Beweis, dass diese Zustände entweder nicht die Folgen auf den Gaswechsel haben, die man ihnen a priori zuschreiben möchte, oder, dass sie gegen die doch stets noch vorhandenen activ entzündlichen Vorgänge

zurücktreten und nicht die leitende Rolle spielen können. Es ist ein lebensfähiges, allen Gesetzen der Diffusion und des Stoffwechsels unterworfenes Gewebe, mit dem wir es zu thun haben und dies Verhalten der Pleuren muss gerade deshalb ganz besonders betont und hervorgehoben werden, weil es überhaupt die Möglichkeit, die erhaltenen Resultate auf das Verhalten entzündeter Gewebe zu übertragen, giebt. Für diese Betrachtung ist es nun auch ganz gleichgültig, ob man die nachgewiesene Spannung der pneumothoracischen Luft als das Maximum der Exsudatspannung d. h. der im flüssigen Exsudate vorhandenen und unter Atmosphärendruck abdunstenden Gase annehmen will oder ob man etwa die letztere noch höher beziffert, mit andern Worten, ob man dem Exsudat dabei eine active oder passive Rolle zuertheilen will. Denn da jedes einzelne Theilchen der secernirten Flüssigkeit zu irgend einer Zeit einmal das Pleuragewebe durchwandert haben muss, so muss sich auch seine Spannung mit der des Nachbargewebes (Pleura) auf diesem Wege ausgeglichen haben und das einzelne Molecul wird sich seinen Vorgängern mit einem Spannungsindex zugesellen, welcher aus seiner eigenen und des Gewebes Spannung resultirt. Sollten die bereits ausgetretenen Elemente aus irgend welchen Gründen einen Theil ihrer Spannung an einen neuen Factor z. B. die plötzlich in die Pleurahöhle strömende atmosphärische Luft abzugeben haben oder von ihnen aufnehmen, so müsste sofort ein rückläufiger Ausgleich zwischen jenen ersten Ankömmlingen und den letzten und den neu nachrückenden eintreten, etwa wie sich der Wasserspiegel eines Sees durch Vertheilung der einzelnen Wassertropfen von einem Punkt aus überall hin senkt, wenn an seinem einen Ende ein plötzlicher Abfluss stattfindet. So hängt also jeder der drei Factoren Luft, Exsudat und Gewebe vom andern ab, alle drei aber suchen fortdauernd in's Gleichgewicht zu kommen. Wenn es gelingt einen von ihnen dabei als activ betheiligt, die anderen als passiv zu erweisen so ist damit zugleich die Quelle der ermittelten Spannungswerthe gefunden. Jedenfalls muss also die Spannung in dem Exsudat und in den anstossenden Geweben nahezu gleich dem Durchschnittswerth der pneumothoracischen Luft sein.

Da nun Gewebe und Exsudat zu einer bestimmten Zeit ihre Spannung ausgetauscht haben, so handelt es sich nur noch um den Nachweis, ob ursprünglich das Gewebe dem vorbeiströmenden Exsudat oder dieses dem Gewebe abgegeben hat, ob ersteres oder letzteres ursprünglich höher gestellt war. Wäre letzteres der Fall, so muss, da das Exsudat doch ein Abkömmling des Blutes ist, das gesammte im Körper kreisende Blut eine gleiche oder annähernd gleich grosse Spannung haben.

Obgleich sicherlich bei allen schweren Respirations - und Circulationskrankheiten die Kohlensäure - Spannung des Gesammtblutes erheblich gegen die Norm erhöht ist, scheint es nun doch in hohem Grade unwahrscheinlich, dass der menschliche Organismus auch nur vorübergehend die hier in Frage kommende Luftspannung aushalten kann. Wenn man sich dagegen die anderweitig sicher gestellten Thatsachen vergegenwärtigt, unter denen eine jede Entzündung zu Stande kommt, der erhöhten Temperatur entzündeter Stellen, der verlangsamten Circulation, der gesteigerten Plasticität, mit einem Wort jener alten Vierzahl des calor, rubor, turgor und dolor gedenkt, was Alles doch schliesslich nichts weiter als eine locale Stoffwechselerhöhung bedeutet, und wenn man sich erinnert, dass die Erhöhung der sogen. inneren Athmung d. h. ein vermehrter Sauerstoffverbrauch und eine dem entsprechende gesteigerte Kohlensäureproduction bei gesteigerter Thätigkeit einzelner Organe von Ludwig und seinen Schülern direct nachgewiesen ist, so dürfte eine vermehrte Kohlensäureproduction event. ein vermehrter Sauerstoffverbrauch entzündlich veränderter Gewebszellen und damit eine über die Norm erhöhte Gasspannung derselben, nichts Befremdliches haben. Von dieser Annahme aus lassen sich auch die vorliegenden Verhältnisse durchaus ungezwungen und einfach erklären. Denn die entzündete Zelle gleicht ihre Spannung mit dem langsam vorbeifliessenden Blut aus, und die von dieser Stelle aus das Blut verlassenden festen und flüssigen Elemente nehmen den gleichen Werth in die Pleurahöhle hinüber und theilen ihn schliesslich der pneumothoracischen Luft mit. So betheiligen sich an der endlichen Feststellung der procentarischen

Werthe der Pneumothoraxluft sowohl Exsudat wie Gewebe, aber die endgültige Regulation ist direct oder indirect dem Protoplasma der Gewebszellen zuzuschreiben. Ist aber, um allgemeiner zu werden, das Blut an irgend einer entzündeten Stelle des Körpers, gleichviel ob mit oder ohne Exsudation um ein Mehr von Kohlensäure reicher, um Sauerstoff ärmer geworden, so wird es wahrscheinlich nur wenig weiter im Sinn des Stroms vorgeschritten, bereits zur normalen oder nahezu normalen Spannung zurückgekehrt sein. Es wäre sehr interessant zu erfahren, wie sich der Gasgehalt des Blutes peripherer Gefässe gestaltet, wenn an irgend einer beschränkten Körperstelle innerhalb der Blutbahn oder doch so, dass das Blut in leichtem Wechselverkehr damit stehen kann, eine constante Kohlensäurequelle hergestellt wird. Ich meinestheils bin überzeugt, dass dadurch der Kohlensäuregehalt des Gesammtblutes bei ungestörtem respiratorischem Gasaustausch nur wenig geändert würde. Für die thierische Wärme habe ich wenigstens durch directe (noch nicht publicirte) thermoelectrische Versuche nachgewiesen, dass die Temperatur des Magens um 20^0 und noch mehr unter die der Achselhöhle sinken und nur allmählig innerhalb 30 bis 45 Minuten die gewöhnliche Wärme annehmen kann, ohne dass die Achselhöhlen-Temperatur um mehr als wenige Zehntheile eines Grades und auch dies nur vorübergehend zu fallen braucht. Also dass der Wärmeverlust des die Magenwandungen durchströmenden Blutes sich vollkommen ausgeglichen haben muss, bis dasselbe die Peripherie erreicht, etwa wie sich die Oberfläche eines Haufens Erbsen nicht merklich ändern würde, aus dessen Mitte man eine oder auch zwei oder drei fortnimmt. Aehnliche Verhältnisse werden aber im Blute statthaben, d. h. eine normale Anhäufung oder Produktion eines Blutgases vertheilt sich bei regelrechter Lungenventilation so schnell auf eine so grosse Bahn, dass sie an einzelnen Punkten derselben nicht mehr augen- oder sinnfällig ist. So wenigstens erkläre ich mir die lokale Cyanose entzündeter Körperstellen, welche nicht mit einer allgemeinen Cyanose verbunden ist.

Obgleich ich nun den Ort der Kohlensäurespannung als in der Zelle des entzündeten Gewebes liegend mehr als wahr-

scheinlich gemacht habe, will ich mich doch bei Formulirung des aus diesen Analysen zu ziehenden Schlusses nicht von dem Boden der nüchternen Thatsachen entfernen und behaupte, dass die Kohlensäurespannung entzündeten Gewebes (Blut oder fixe Zellen), in welchem eine Eiterproduktion stattfindet zwischen 15 und 20 Volumprocenten liegt und in ihrer Höhe von der Intensität der Entzündung abhängig ist.

Betreffs des Sauerstoffs und Stickstoffs kann ich mich kürzer fassen. Ersterer wird bis auf wenige Procente absorbirt und zwar nahezu gleichmässig in allen Analysen von etwas längerem Bestande. Der Durchschnittswerth von 2·6 pCt. weicht kaum von den von Strassburg für das venöse Blut ermittelten Werth von 2·9 pCt. ab, und es hat dies durchaus nichts Befremdendes, wenn man bedenkt, dass der Sauerstoff fortwährend durch das Blut, auch wenn er in erhöhtem Maasse verbraucht wird, zugeführt und erneuert werden kann.

Die Sauerstoffspannung entzündeten und mit Eiterproduktion verbundenen Gewebes würde sich danach auf 2·6 pCt. stellen.

Da das Stickgas, soweit wir bis jetzt wissen, bei allen Vorgängen des thierischen Stoffwechsels eine rein passive Rolle spielt, so werden wir es auch rein mechanischen Gesetzen unterworfen finden. In der That scheint es, ziemlich von gleicher Menge in den verschiedenen Analysen der pneumothoracischen Luft, von den Exsudaten proportional der Zeitdauer ihrer Berührung mit jener Luft absorbirt zu werden. Er beträgt in Maximo am 2. Tage 1·45, am 3. 2·09, am 24. 12·25 und am 34. Tage 37·66 pCt. Schon Demarquay und Leconte haben nachgewiesen, dass der Stickstoff trotz seines hohen Absorptionscoëfficienten —25— am langsamsten von allen Gasen resorbirt wird, ein Factum, welches sich, nebenbei gesagt, aus der einfachen Thatsache, dass in den Lungen fortwährend Massen von Stickstoff mit einem in höchstem Grade resorptionsfähigen Organe in Berührung sind, ohne dass normaler Weise in irgend einem Gewebe ein nennenswerther Gehalt an (gasförmigem) Stickstoff vorkommt, ergiebt. Die Gewebe scheinen also der

Aufnahme des Stickstoffs einen gewissen nicht unerheblichen Widerstand entgegenzusetzen, so dass sie erst nach längerer Zeit und unter erhöhtem Partiardruck mit ihm imprägnirt werden. Der Durchschnittswerth von 79·81 pCt., welchen ich für den Stickstoff der pneumothoracischen Luft gefunden habe, beweist nur aufs Neue, dass sich dieses Gas dem Organismus gegenüber vollständig indifferent verhält. —

Die vorliegenden Untersuchungen hatten es mit eitrigen Pleuritiden, mit der Form des Pyopneumothorax d. h. mit einem Pleuragewebe mit mehr weniger starker eitriger Auflagerung und entzündlichen Schwarten zu thun. Obschon ich nun im Vorhergehenden nachweisen konnte, dass eine solche Pleura sich keineswegs wie eine todte Kapsel, sondern ganz und gar wie lebendes Gewebe verhält, wollte ich doch nicht unterlassen den zweiten der Eingangs erwähnten Wege einzuschlagen und direct die Gasspannung seröser Exsudate mit Hülfe der aërotonometrischen Methode zu ermitteln, wie dieselbe zu ähnlichen Zwecken von Pflüger in die Wissenschaft eingeführt ist. Ich bediente mich hierzu eines Apparates, der im Wesentlichen ganz ähnlich dem Pflüger'schen Aërotonometer construirt war.[1]) Der Sinn desselben ist bekanntlich der, zwei Portionen einer gleichzeitig aufgefangenen Körperflüssigkeit (Blut, Harn. u. s. w.) ohne Berührung mit der Luft mit zwei Gasgemischen verschiedener aber bekannter Zusammensetzung in Contact zu bringen und aus der Art, wie diese Gasgemische dadurch verändert werden, die Spannung der betreffenden in der Flüssigkeit absorbirten Gase zu bestimmen. Dies geschieht, indem man die zu prüfende Flüssigkeit gleichzeitig durch mehrere lange cylindrische, vertical gestellte, oben und unten conisch zu laufende Röhren fliessen lässt, welche mit den Gasen bekannter Zusammensetzung gefüllt sind. Diese Röhren können auf Körpertemperatur erwärmt und erhalten werden.

---

1) Siehe die genaue Beschreibung desselben in der citirten Arbeit Strassburg's. Mein Apparat war bis auf die im Text angegebene Abweichung genau ebenso construirt.

Bestimmt man nun vor und nach dem Durchlaufen die Zusammensetzung des in diesen Röhren enthaltenen Gases, so zeigt sich erstens, ob die durchgelaufene Flüssigkeit an die Röhren Gas abgegeben hat oder umgekehrt, und zweitens gelingt es bei ungefährer Kenntniss der Werthe, um die es sich handelt, die Gasmischung zweier Röhren so einzurichten, dass die durchlaufende Flüssigkeit von der einen aufnimmt, an die andere abgiebt, d. h. innerhalb zweier Grenzwerthe eingeschlossen ist. Hat dann ein vollständiger Ausgleich stattgefunden, so müssen die betreffenden Werthe (z. B. die Kohlensäurewerthe) nach dem Versuch in beiden vorher verschiedenen Röhren gleich oder nahe zu gleich sein und die daraus sich ergebende Zahl ist der annähernde Spannungswerth des betreffenden Gases. Indem ich betreffs der näheren Versuchsanordnung und Beschreibung des Apparates auf die Arbeit Strassburg's verweisen kann, habe ich noch Folgendes zu bemerken: Ich konnte selbstverständlich einen so complicirten Apparat, wie den hier benutzten, nicht am Krankenbett aufstellen sondern war gezwungen die durch Punction gewonnene Flüssigkeit von den Krankensälen in das Laboratorium zu bringen. Da ich mich aber auf die Ermittelung der Kohlensäurespannung beschränkt habe und da ich früher nachgewiesen habe, dass die Aenderungen in dem Gasgehalt der Exsudate in den ersten Stunden nach der Punction nur minimale sein können, so durfte ich diesen Weg unbedenklich einschlagen. Statt der von Strassburg benutzten vier Röhren habe ich nur zwei angewendet und mit einem Gemisch aus Stickstoff und Kohlensäure gefüllt, welches immer erst unmittelbar vor dem eigentlichen Versuch zu einem Theil in die Tonometerröhren übergeleitet, zu einem andern zur Feststellung seiner Zusammensetzung besonders aufgefangen wurde. — Ich verfuhr also folgendermaassen: mit dem Punctionstroicart wurde eine grosse eigens zu diesem Zweck angefertigte gläserne Spritze von genau 290 Ccm. Inhalt verbunden, nachdem zuvor der Troicart und die verbindenden Gummischläuche nöthigenfalls durch Pressen des Patienten mit Flüssigkeit gefüllt waren. Dann wurde die Spritze voll gesaugt, luftdicht am oberen Ende abgeklemmt und in Eis versenkt in's Labortorium gebracht.

Hier waren kurz vor der Punction die betreffenden Röhren gefüllt und die nöthige Temperatur derselben hergestellt. Alsdann wurde die Spritze mit dem zuführenden Schlauch verbunden, nachdem sie zuvor gleichfalls auf eine Temperatur von 37—38° gebracht war. der Gasdruck in den Röhren mit der Atmosphäre in Gleichgewicht gesetzt, die todten Räume der Leitungen mit Hülfe doppelt durchbohrter Hähne mit Exsudat gefüllt und nun von einem Gehülfen durch langsamen und stetigen Druck auf den Stempel der Spritze die gesammte Flüssigkeit innerhalb anderthalb bis zwei Minuten durchgepresst. Aus jeder der zwei Tonometerröhren sammelte sich die durchlaufende Flüssigkeit über Quecksilber in graduirten Röhren, so dass annähernd gleiche Mengen derselben mit Sicherheit als durch beide Röhren geflossen nachzuweisen waren. Sammelte sich in der einen Vorlage mehr Flüssigkeit wie in der andern, so konnte man leicht durch entsprechendes Heben des betreffenden Zuleitungsschlauches die andere nachrücken lassen. Nach dem Durchleiten wurde das Gas jeder Röhre wiederum zur Analyse abgefüllt.

Da diese Versuche sehr complicirt und schwierig anzustellen sind, so sind mir leider nicht wenige misslungen, in denen es zu gar keinem oder nur sehr mangelhaftem Ausgleich der Gasspannung in beiden Röhren kam, wovon die grossen Differenzen nach dem Durchleiten zeugten, oder es nicht gelang die Serum-Gase zwischen ein Minimum und Maximum der Tonometerröhren-Gase einzuschliessen. Von den neun überhaupt angestellten Versuchen sind daher nur vier in der folgenden Tabelle aufgenommen worden und selbst von diesen zeigen einige, wenn man die ursprüngliche Spannung des Flüssigkeits-Gases für jede Röhre aus den einzelnen Differential-Werthen berechnen wollte, grössere Unterschiede, nämlich bis 2·32 pCt., als unter physiologischen Bedingungen erlaubt sein dürfte. Da man aber unmöglich an diese Versuche die strengen Anforderungen des physiologischen, durchaus in die Hand des Experimentators gegebenen Experimentes stellen darf, und da sie ausserdem doch durchaus eindeutige Resultate geben, halte ich mich für berechtigt sie hier anzuführen. —

Tabelle II.

Aërotonometer-Versuche.

Name	Tonometer				Mittlere Spannung.	Bemerkungen.
	Rohr A		Rohr B			
	vor der Durchleitung.	nach der Durchleitung.	vor der Durchleitung.	nach der Durchleitung.		
I. Ziegler. 25/7 74.	5·47	7·82	8·45	7·21	7·51 pCt. Kohlensäure.	Ein hellseröses Exsudat von unbestimmter Dauer. Spec. Gew. 1018. Dauer der Durchleitung cc. 1′ 40″. In der Vorlage des Rohrs A befanden sich nach dem Versuch 140 in der von B 130 Ccm. Flüssigkeit.
II. Helbig. 24/11 74.	15·54	11·24	9·44	10·61	10·92 pCt.	Ein hellgelbes Exsudat von schw. alkal. Reaction und 1020 spec. Gew. Dauer cc. 4 Wochen. Fliesst 2 Minuten. In der Vorlage des Rohrs A nach dem Versuch 143 in der des Rohrs B 120 Ccm.
III. Teske. 15/1 75.	14·89	12·24	18·61	13·56	10·73 pCt.	Ein hellgelbes ältres Exsudat. schw. alkal 1008. Dauer cc. 6 Wochen. In diesem Versuch ist es nicht geglückt einen unteren Grenzwerth des Tonometer-Gases zu erhalten, sondern beide Werthe liegen oberhalb der resultirenden Spannungsgrösse. Dauer des Versuchs 1′ 35″.
IV. Thielsch. 30/11 74.	8·86	11·10	16·26	12·28	11·50 pCt.	Ein seröses Exsudat gegen 6 Wochen bestehend.

Jedenfalls sieht man aus dem Verlauf dieser Versuche auf das Deutlichste, dass, ebenso wie es von Strassburg für das Blut nachgewiesen ist, so auch für seröse Flüssigkeiten die scheinbar so kurze Zeit von 1 bis 2 Minuten vollständig ausreicht um einen erschöpfenden Gasaustausch in den Tonometerröhren zu Stande kommen zu lassen, dass also der Spannungsausgleich ein fast momentaner ist und dies Verhalten hatte ich im Auge, wenn ich oben (S. 18) das Resultat der Analyse XIV nicht ohne Weiteres als Ausdruck der Lungenluft ansehen zu können glaubte.

In drei von diesen Versuchen ist es nun gelungen in dem einen Tonometerrohre soviel Kohlensäure im Kohlensäure-Stickstoffgemisch zu haben, dass die Kohlensäurespannung höher, im anderen so wenig, dass sie niedriger als im Exsudat war, d. h. dass die Kohlensänre-Spannung im ersten Rohr nach der Exsudat-Durchleitung gesunken, im Zweiten gestiegen ist und die Spannungen nach dem Durchleiten sich nahezu gleich verhalten. Im vierten Versuch (Analyse III) liegt die resultirende Spannung unterhalb derjenigen, welche vor dem Durchleiten in den beiden Röhren bestand. Da aber der Kohlensäuregehalt beider Röhren nach dem Durchlaufen so wenig von einander verschieden ist, dass man einen fast vollkommenen Ausgleich der Spannungen annehmen darf, so ist auch diese Analyse mit aufgenommen und als Ergebniss derselben das Mittel der halben Differenzen der Spannungszahlen gegen die ursprünglichen Kohlensäureprocente genommen.

Die so erhaltenen Werthe, welche demnach direct die Spannung der Kohlensäure seröser Exsudate anzeigen, liegen zwischen 7·5 und 11·5 pCt.

Hierbei ist zu bemerken, dass die Ziffer 11·5 die höchste ist, welche ich überhaupt in allen, auch den nicht in der Tabelle angeführten Analysen erhalten habe, während umgekehrt niedrigere Werthe als 7·5 vorkommen. Wenn dies aber in dem einen Rohr statthatte, so zeigte regelmässig der unverhältnissmässig höhere Werth in dem anderen Rohre oder eine sonstige Unregelmässigkeit, dass der Versuch nicht ordnungsmässig verlaufen war.

Hier ist nun auch der Ort um auf die oben nicht weiter besprochene Analyse XIII, welche es mit einem Seropneumothorax zu thun hatte, zurückzukommen. Unter den Luftanalysen mit abgeschlossener Pleurahöhle bildete dieselbe mit ihren 8·13 pCt. Kohlensäure eine scheinbare Ausnahme gegen die übrigen so viel höher gestellten Fälle. Im Lichte dieser Tonometer-Versuche betrachtet reiht sie sich den gewonnenen Ergebnissen vollkommen an. In der That konnte ihre Kohlensäurespannung nicht merklich grösser sein, weil eben die Gewebsspannung seröser Exsudate nicht merklich höhere Werthe erreicht, und die scheinbare Ausnahme bildet den besten Beweis für die Zulässigkeit der Methode.

Ich habe bereits im Eingange dieser Abhandlung die Ueberlegung auseinandergesetzt, welche mich bei Anstellung dieser Tonometer-Versuche leitete. Sie sollen gewissermassen die Probe auf das Exempel geben und die Schlüsse, welche bei den Luftanalysen an der Hand umständlicher Deductionen abgeleitet werden mussten, glatt und zweifellos aus dem directen Wortlaut des Experimentes folgen lassen. Dies ist, wie man aus den gewonnenen Ergebnissen ersieht, in der That der Fall und so bilden diese Versuche nicht nur eine nothwendige Ergänzung, sondern geradezu das Fundament der vorangestellten Luftanalysen, nur um deshalb nach ihnen besprochen, um desto wirksamer die noch haftenden Bedenken entkräften zu können. Denn viele Zweifel, welche sich betreffs der dort abgeleiteten Schlüsse erheben und nur durch eingehende Ueberlegung beseitigen liessen, fallen durch die hier angewandte Methode von vornherein fort und es lässt sich kein stichhaltiger Vorwurf, welcher denselben gemacht werden könnte, ersehen. Dieselbe Sicherheit, welche die nach der Methode der Spannungsausgleiche angestellten Blutanalysen gewähren, müssen diese Serumanalysen besitzen, nachdem ich früher den Nachweis geführt habe, dass der Gasgehalt seröser Exsudate in den ersten Stunden nach der Punction nur minimale Aenderungen erleidet. Obgleich der Ausführung nach complicirter, sind diese Versuche der Ueberlegung nach einfacher als die Luftanalysen und deshalb weit eindeutiger als jene. Schliesst man von diesen auf jene zurück, so verlei-

hen sie ihnen eine weitere und vielleicht die sicherste Stütze und in der Reihe der dort gezogenen Betrachtungen bilden sie das letzte und bindende Glied. Bei einer acuten serösen Pleuritis ist der entzündliche Zustand des Pleuragewebes nicht zu bestreiten. Hier handelt es sich nicht um etwaige Zersetzungsvorgänge im Innern des Exsudates, um Stagnation desselben in einer undurchdringlichen Kapsel, um Oxydationsprocesse, welche unter dem Einflusse neu hinzutretender Luft entstehen könnten. Dennoch liegen die gewonnenen Zahlen erheblich über der Spannung normalen Blutes und indem sie sich eng an diejenigen Werthe anschliessen, die für die Spannung normaler fixer Gewebe gefunden worden sind, setzten sie dieselben so zu sagen nach oben hin fort. Da man aber nach den uns geläufigen Anschauungen nicht anders kann, wie eine Steigerung der Intensität des entzündlichen Processes einer serösen und einer eitrigen Pleuritis anzunehmen, so ist damit auch die Vermehrung der Spannung des betheiligten Gewebes der eitrigen Pleuritiden gegenüber den serösen erklärt und begründet.

Fasst man endlich die beiden hier behandelten Processe, die Entzündung mit serösem und eitrigem Product zusammen, so ergiebt sich folgende allgemeine Schlussfolgerung:

Die Kohlensäurespannung der Zellen entzündeter Gewebe liegt in jedem Falle über der des normalen Blutes. Sie beginnt mit Werthen, welche sich eng an diejenigen anschliessen, welche für die normale Gewebszelle ermittelt sind, und steigt so hoch an, dass sie dieselbe um das Doppelte und Dreifache übertreffen kann. Diese Steigerung ist abhängig theils von der Dauer der Entzündung theils und in grösserem Maasse von ihrer Intensität. Ist letztere auf ihrem mit der Bildung von Eiter verbundenen Höhepunkt angelangt, so sind damit auch die höchsten Spannungswerthe der Zellen verbunden.

Es sei mir gestattet dieser Arbeit eine Mittheilung folgen zu lassen, deren Bezeichnung als eine vorläufige nicht die Unsicherheit der gewonnenen Ergebnisse, sondern der Mangel des Control-Experimentes, welches mir bisher anzustellen unmöglich war, veranlasst.

Ich habe die Aenderung des Gasgehaltes des Blutes nach Einverleibung gewisser Stoffe in dasselbe studiert und bin zu folgenden Resultaten gekommen:

1) Hunde, welche in starker Morphium-Narkose sich befinden, haben einen bis auf die Hälfte und noch etwas mehr verringerten Sauerstoffgehalt des Blutes. Der Kohlensäuregehalt ist unverändert oder sogar etwas gesteigert.

2) Hunde, welchen man grössere Quantitäten — bis 10 grm. — Traubenzucker in die Venen injicirt, zeigen unmittelbar nach der Injection eine Verminderung des Sauerstoff- und Kohlensäuregehaltes um 2 bis 4 pCt.

3) Injection gleicher Mengen Wasser bewirkt nur solche Unterschiede, welche durch die Versuchsanordnung oder die physiologischen Schwankungen bedingt sind.

Ich arbeitete mit einer Pumpe. Die erste — unveränderte — Portion Blut wurde in Eis gestellt und erst nach der zweiten unmittelbar nach der Injection entgasten Portion verarbeitet, so dass also das Sinken des Sauerstoffs *a fortiori* bewiesen wurde. Den endgiltigen Versuch, nämlich die gleichzeitige Entgasung zweier Blutproben mit zwei Pumpen, habe ich bis jetzt noch nicht anstellen können.

Beiträge zur Physiologie.

Von

Dr. DÖNHOFF.

I. Uebergang von Spannkräften im Zucker in Muskelbewegung.

Nimmt man Bienen vom Flugloch und setzt sie bei einer Temperatur von 19° C. in ein Glas, so laufen sie Anfangs an der Glaswand hastig auf und ab, und fliegen im Glase umher. Später werden die Bewegungen weniger lebhaft; nach 45 Minuten sitzen sie still zusammen, bewegen sich langsam und unbeholfen. Sie sind nicht mehr im Stande zu fliegen; lässt man sie auf einen Bleistift kriechen, und schnellt diesen in die Höhe, so fallen sie senkrecht ohne Flugton nieder. Untersucht man sie, so findet man die Honigblase leer, welche bei Bienen, die man vom Flugloch nimmt, mit etwas Honig gefüllt ist. Gibt man ihnen nun eine Zuckerlösung, und wirft sie nach 3 bis 4½ Minuten in die Höhe, so hört man beim Fallen den Flugton, sie fallen nicht senkrecht, sondern etwas weiter nieder. Bleibt man am Werfen, so sieht man, dass sie immer weiter niederfallen; nach etwa wieder einer Minute fallen sie nicht mehr nieder, sie fliegen zum Fenster; sie sind die früheren lebhaften Thiere geworden. Bringt man Bienen in eine niedrigere Temperatur als 19°, so werden sie früher flugunfähig, und es dauert länger, bis sie nach Zuckergenuss wieder flugfähig werden; in höhern Temperaturen dagegen erlangen sie die Flugfähigkeit schneller wieder. Bienen, welche ich in einem Glase in Wasser von 37° stellte, waren nach Zuckeraufnahme schon in 1½ Minuten wieder flugfähig.

Man könnte den Grund für die Wiederherstellung der Flugfähigkeit nach Zucker darin suchen, dass man sagt: Muskel und Nerv sind durch das Hungern verschlissen, der Zucker geht in die Zusammensetzung dieser Maschinen ein, und bessert

sie wieder aus. Abgesehen davon, dass es seine chemischen Bedenken hat, dass der Zucker sich am Aufbau der Organe betheilige, ist es sehr unwahrscheinlich, dass diese verschlissenen Organe 1½ Minuten nach der Aufnahme von Zucker sich reconstruirt hätten. Viel wahrscheinlicher ist, dass die Biene flugunfähig ist, weil ihr die Spannkräfte zum Umsatz in Muskelbewegung fehlen, und dass sie flugfähig wird, weil ihr dieselben im Zucker geboten werden.

Lässt man die Bienen noch länger als ¾ Stunde hungern, so werden sie unfähig zu gehen, sie fallen auf die Seite, strecken wohl den Rüssel nach vorgehaltenem Honig aus, können aber keine Leckbewegungen mit demselben machen; nach etwa einer ½ Stunde sind sie todt. Da Zucker den Tod verhütet, so entstehen nicht bloss die Muskelbewegungen, sondern auch die anderen organischen Thätigkeiten aus Spannkräften im Zucker. Man könnte einwenden, es ist hierdurch nicht bewiesen, dass andere organische Thätigkeiten auch aus Spannkräften im Zucker bestehn, denn der Tod könne eintreten, weil die Athemmuskeln nicht mehr functioniren. Dem wende ich ein, dass im ruhigen Zustand, wie auch vor dem Sterben, die Biene keine Athembewegungen macht, während sie bei Mangel an Luft, wenn man sie z. B. unter Wasser hält, die Hinterleibsringe lebhaft bewegt. Zudem stirbt eine Biene bei Sauerstoffmangel nicht sofort, sondern sie fällt erst in Scheintod, aus welchem sie bei Sauerstoffzufuhr noch nach zwei Stunden erwacht. Der Versuch zeigt direct den schon aus anderen Versuchen geschlossenen Umsatz von Spannkräften in Kohlehydraten in Muskelbewegung; er zeigt aber zugleich den Umsatz von Spannkräften in einem Kohlehydrat in die übrigen organischen Actionen. Da die Versuchsbienen, wenn man sie nach dem Tode secirt, noch einen bedeutenden Vorrath von Eiweiss im Chylusmagen aufweisen, welches das Aussehn von Hühnereiweiss hat, wie dieses zusammenhängt, durch Hitze, Alkohol und Mineralsäuren gerinnt, so zeigt der Versuch zugleich die Unzulänglichkeit des Eiweisses zur Muskelbewegung und zu den übrigen organischen Thätigkeiten. Giebt man den Bienen statt Zuckerlösung Pollen und Wasser, so rühren sie beides nicht an, obgleich beides

Nahrungsmittel für die Bienen sind. Die Bienen stellen ihre Functionen ein, nicht aus Mangel an Nahrung, sondern aus Mangel an einem Kohlehydrat. Hat man Bienen in einer Temperatur von 20° C. durch Hunger flugunfähig werden lassen, und bringt sie dann an den Ofen, oder setzt sie in ein Glas, welches man in Wasser von 30° stellt, so werden sie auf kurze Zeit wieder flugfähig; ebenso werden Bienen flugfähig, wenn man sie in einer Temperatur von 27° hat flugunfähig werden lassen, und man bringt sie dann in eine solche von 37°. Es scheint, dass die Flugfähigkeit wieder hergestellt wird, weil in der höheren Temperatur stärkere Oxydationen von noch geringem Honigvorrath vor sich gehn. Setzt man die Bienen aus der höheren Temperatur in die niedere zurück, so hört nach wenigen Secunden die Flugfähigkeit wieder auf. Liegen die Bienen in Folge des Hungerns schon auf der Seite, und man bringt sie dann in eine höhere Temperatur, so tritt der Tod schnell ein, wahrscheinlich weil in dieser höheren Temperatur das Minimum von Spannkräften, welches noch vorhanden ist, schnell aufgezehrt wird.

II. Die Spannkräfte in den Nahrungsmitteln gehn nicht erst in Wärme, und dann in Muskelbewegung über.

Brachte ich Bienen, die ich in einer bestimmten Temperatur hatte flugunfähig werden lassen, in eine 1 bis 3° höhere Temperatur, so wurden sie nicht flugfähig. Liess ich Bienen in einer Temperatur von 30° flugunfähig werden, brachte sie dann eine Zeitlang in eine Temperatur von 20° und dann wieder in eine solche von 32°, so wurden sie nicht wieder flugfähig. Wenn demnach eine Erwärmung des Muskels um 1, 3 oder 12 Grade die Flugfähigkeit nicht wieder herstellt, so ist es höchst unwahrscheinlich, dass die geringe Wärme, welche durch das langsame Verbrennen des Zuckers in der Biene entsteht, die Flugfähigkeit herstellt, sondern entweder gehn die Spannkräfte direct oder nach vorheriger Umwandlung in eine andere Kraft in Muskelbewegung über.

III. Ueber das Wasserbedürfniss der Thiere verglichen mit dem der Pflanzen.

Käfer und andere Insecten, die ich in ein leeres Glas setzte, starben binnen einigen Tagen. Setzte ich sie in ein mit feuchtem Sand gefülltes Glas, so lebten sie mehrere Wochen. Mehlwürmer (Tenebrio molitor) dagegen hielt ich in einem trockenen Glase vier Monate am Leben. Wie der Unterschied in dem Wasserbedürfniss zwischen diesen Käfern und dem Mehlwurm ein sehr grosser ist, so ist er es auch bei anderen Thieren. Eine Ente säuft viel häufiger und mehr als ein Huhn, sie säuft fast alle Viertelstunden. Wirft man Enten Futter vor, so fressen sie einen Augenblick, dann saufen sie, und wechseln beständig damit ab. Weil das Huhn weniger Wasser zu sich nimmt, ist der Koth consistenter, der Koth der Ente ist immer von einer grossen Lache wässerigen Urins umgeben. Versuche das Wasser zu messen, welches eine Ente säuft, misslangen, weil sie so viel Wasser herumschleudert. Dagegen nahmen Enten, die ich mit Hühnern in einem Käfig einsperrte, und denen ich alle halbe Stunden den Wassernapf vorhielt, viermal so oft Wasser zu sich als die Hühner. Man könnte nun sagen, der Koth der Ente ist deshalb mit der grossen Lache Wasser umgeben, weil sie gründelt, und dabei unwillkührlich Wasser verschluckt. Ich schloss deshalb Enten in einen Käfig ein, hielt ihnen alle halbe Stunden den Wassernapf vor, und zog ihn zurück, wenn sie mit dem Saufen aufhörten, und anfangen wollten zu gründeln. Nach zwei Tagen noch war der Koth von einer grossen Lache Wasser umgeben. Die Gans ähnelt der Ente in Bezug auf die Wasseraufnahme. Man kann Thier und Pflanze in Bezug auf das Wasserbedürfniss paralellisiren. Die Ente gleicht der Wasserpflanze, das Huhn der Ackerpflanze, der Tenebrio molitor dem Sempervivum tectorum.[1]) Der Regenwurm stirbt nach wenigen Stunden ausgetrocknet, wenn man ihn auf den Tisch legt. Dies rührt wohl von der starken Schleimabsonderung seiner Haut her. Ein Regenwurm, welchen ich an einem Faden aufhing, lebte länger, weil er weniger Schleim absonderte.

1) Beruht der Aufenthalt der Wasserthiere im Wasser vielleicht auf ihrem Bedürfniss, viel Wasser aufzunehmen?

Warum Käfer auf feuchtem Sand am Leben bleiben, ist mir unklar. Wenn ich Käferarten, die nach einigen Tagen verdursten, in ein leeres Glas gesetzt hatte, und ich hielt ihnen nach ein oder zwei Tagen einen Tropfen Wasser vor, oder setzte sie auf feuchtem Sand, so konnte ich nie sehen, dass sie Wasser zu sich nahmen. Regenwürmer und Frösche saugen Wasser durch die Haut ein; ob dies beim Käfer möglich ist, ist wohl sehr zweifelhaft.

IV. Ueber oscillirende Gesichtsempfindungen.

Drehe ich mich achtmal schnell um meine Achse, und stehe dann still, so sind die Gegenstände, nach denen ich sehe, in einer oscillirenden Bewegung von rechts nach links, und von links nach rechts begriffen. Sehe ich nach den Fenstern eines 50 Fuss entfernten Hauses, so schätze ich die Weite der Oscillation auf den Bruchtheil eines Zolls, sehe ich nach einer ½ Meile entfernten Baumgruppe, so ist bei derselben Empfindung die Schätzung der Oscillationsweite eine viel grössere. Drehe ich mich fünfmal im Kreise herum, so ist die Oscillationsweite geringer. Bei achtmaligem Umdrehen zähle ich 35 Oscillationen, die 20 Secunden anhalten; sie nehmen an Weite und Dauer allmälich ab. Die Bewegung ist für mich dieselbe, ob ich mich rechts, oder links herumgedreht habe. Die Angabe der Autoren, dass nach Rechtsherumdrehen die Gegenstände sich nach rechts drehen, kann ich nicht theilen; sie ist auch nicht gut möglich. Fände eine continuirliche Bewegung nach rechts statt, so müssten die Gegenstände im Gesichtsfeld sich immer weiter nach rechts schieben, was nicht der Fall ist. Auch mir scheinen zuweilen, so wohl, wenn ich mich rechts herum, als wenn ich mich links herum gedreht habe, die Gegenstände in einer continuirlichen Bewegung nach rechts sich zu befinden. Vielleicht ist die Ursache die, dass man dann nur auf die Oscillationsbewegung nach rechts merkt, und die Rückschwingung nach links übersieht. Jedenfalls ist das Grundphänomen das einer Oscillation, der Schein einer continuirlichen Bewegung in einer Richtung etwas Abgeleitetes.

An den Bügel eines Eimers befestigte ich ein Tau, und drehte dieses, so oft es anging, nach rechts herum. Hob ich

nun den Eimer vom Boden, so wickelte das Tau sich ab, und der Eimer gerieth in eine schnelle Bewegung um seine Axe. Bedeckte ich den Boden des Eimers mit Sand, oder legte ich eine Gummikugel in den Eimer, setzte diesen in Bewegung, und hemmte diese, ehe das Tau abgelaufen war, so lagen der Sand und die Kugel am Rande des Eimers. Goss ich Wasser in den Eimer, legte auf das Wasser Hölzchen und versetzte den Eimer in Bewegung, so blieben anfangs die Hölzchen ruhig liegen. Wenn gegen das Ende der Abwickelung die Kreisbewegungen des Eimers langsamer wurden, fingen die Hölzchen an zu kreisen; so wie der Eimer still stand, wurden die Kreisbewegungen viel schneller, und dauerten längere Zeit an. Wendet man diese Thatsachen auf das Gehirn an, so kann man sich 1) denken: Durch die Centrifugalkraft werden beim Herumdrehen Molecüle der Gehirnsubstanz nach aussen geschleudert, beim Stillestehn gehn sie durch die Elasticität der Gehirnsubstanz zurück, schwingen über ihre Gleichgewichtslage hinaus, und oscilliren längere Zeit hin und her, bis sie zur Ruhe kommen; 2) kann man sich denken, dass der Liquor sanguinis, welcher das Gehirn erfüllt, nach dem Stillestehn des Gehirns in seiner Kreisbewegung fortfahre, und dadurch die Gehirnsubstanz in Schwingungen setze. Bemerken möchte ich noch, dass wenn ich nach einer Bewegung um meine Axe stille stehe und mit zugehaltenen Augen mir einen räumlichen Gegenstand vorstelle, dieser vorgestellte Gegenstand nicht in Oscillation geräth.[1])

V. Ueber die Ansammlung von Sauerstoff während des Schlafes.

Voit hat die Entdeckung gemacht, dass während des Schlafes Sauerstoff sich im Körper anhäuft. Man könnte daraus schliessen, dass ein Thier, welches geschlafen, die Luft länger entbehren kann, als ein Thier, welches den Tag über in Thätigkeit gewesen ist. Dies ist aber nicht der Fall. Ich hielt den Kopf eines Huhns, welches ich am Tage fing, unter Wasser.

1) Vielleicht wird die Netzhaut durch ihre Oscillation abwechselnd von anderen Strahlen getroffen.

Nach 1¼ Minuten geschah das Athmen interrupt, gewaltsam mit weit geöffnetem Schnabel wie bei Sterbenden. Als der Kopf eine Viertel Minute später aus dem Wasser genommen wurde, liess das Huhn Kopf und Hals auf die Seite fallen; hingesetzt viel es auf den Bauch, kurz es hatte alle Erscheinungen der beginnenden Erstickung. Als ich dasselbe Huhn Nachts, nachdem es acht Stunden geschlafen hatte, in Wasser tauchte, zeigte es nach derselben Zeit dieselben Erscheinungen. Eine Taube, die ich am Tage und Nachts unter Wasser tauchte, war nach 45 Secunden dem Erstickungstode nahe. Ein sechs Wochen altes Hühnchen war am Tage nach 30 Secunden am Ersticken. Dasselbe Hühnchen, als ich mit ihm das Experiment wiederholte, wie es Nachts um drei Uhr den Schnabel in die Federn gesenkt fest schlief, zeigte nach einer halben Minute dieselben Erscheinungen. Vom Felde kommende Bienen, die ich am Flugloch abfing wie Bienen, die ich Morgens früh vor der Flugzeit am Flugloch abfing, waren unter Wasser von 19° nach drei Minuten scheintodt. Da die Thiere Nachts mehr Sauerstoff aufgehäuft hatten als am Tage, die Erstickungs-Erscheinungen aber um dieselbe Zeit auftraten, so konnte der Grund der Erstickung nicht Mangel an Sauerstoff sein. Der Grund konnte nur der sein, dass in die mit Kohlensäure überladene Lunge keine Kohlensäure aus dem Blut mehr austrat. Es folgt daraus, dass der Tod des Ertrinkens kein Tod aus Mangel an Sauerstoff, sondern ein Tod aus Ueberfluss von Kohlensäure im Blut ist.

VI. Ueber die Schalenhäute des Hühnereies.

Einige Autoren sprechen von einer Schalenhaut, andere von zweien. Es giebt aber in Wirklichkeit im Vogelei drei Schalenhäute. Nimmt man ein Stückchen Kalkschale am stumpfen Pole eines Eies ab, so sieht man eine Haut. Nimmt man diese fort, so trifft man auf eine zweite Haut; diese liegt auf dem Eiweiss, welches in Folge der Verdunstung sich zurückgezogen hat. Legt man das abgenommene Stückchen Kalkschale in Salzsäure, so bleibt, nachdem der Kalk sich gelöst hat, eine dritte Haut zurück.

Neue Untersuchungen über die Structur der elektrischen Platten von Torpedo.

Von

Prof. FRANZ BOLL.

(Aus dem Laboratorium für vergleichende Anatomie und Physiologie zu Rom. Vierte Mittheilung.)

Hierzu Tafel VIII.

Seitdem ich im Jahre 1873 die „Punktirung" als ein neues und eigenthümliches Structurverhältniss der elektrischen Platten von Torpedo beschrieben habe,[1]) sind von zwei verschiedenen Forschern, wie Ciaccio und Ranvier einige höchst werthvolle Mittheilungen über die feinere Structur dieser Platten veröffentlicht worden. Ich selber habe im Herbst 1875 in Viareggio demselben Gegenstande eine erneute, sehr eingehende Untersuchung gewidmet, über deren Resultate bereits an einer anderen Stelle ein vorläufiger Bericht erstattet wurde.[2]) Das Gesammtresultat dieser verschiedenen von Ciaccio, Ranvier und mir vorgenommenen Untersuchungen ist ein höchst befriedigendes. Die absolute Uebereinstimmung unserer Resultate berechtigt zu dem Ausspruche, dass nunmehr die Nervenendigung in den elektrischen Platten von Torpedo mit einer fast absoluten Präcision festgestellt und jedenfalls viel genauer bekannt ist, als jede andere Nervenendigung in irgend einem Organ des thierischen Körpers.

1) Die Structur der elektrischen Platten von Torpedo. — M. Schultze's Archiv für mikroskopische Anatomie. X, S. 101.

2) Neue Untersuchungen zur Anatomie und Physiologie von Torpedo. — Monatsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften 1875, S. 710.

Ciaccio hat in dieser Frage zwei verschiedene Abhandlungen veröffentlicht, von denen die erste[1]) nicht lange nach meiner Publication der „Punktirung“ erschien und zum Theil gegen meine Angaben gerichtet war. Es waren im Wesentlichen drei Einwürfe, die er gegen die von mir gegebene Beschreibung der elektrischen Platten geltend machte:

1) Behauptete er, dass die von mir in Uebereinstimmung mit Max Schultze u. a. in die homogene Schicht versetzten runden Kerne in der Nervenschicht gelegen seien.

2) Bestritt er der von mir entdeckten Punktirung den Werth eines besonderen Structurverhältnisses. Meine „Pünktchen“ seien nichts anderes als die ihm längst bekannten, die Substanz der Nervenschicht zusammensetzenden feinen Körnchen von wechselnder Grösse, die durch Osmium dunkel und durch carminsaures Ammoniak roth gefärbt wurden.

3) Kritisirte er meine Beschreibung des sogenannten Koelliker'schen Terminalnetzes, dessen Configuration bisher noch von Niemand und auch von mir nicht richtig beschrieben worden sei: die wahre Form dieser letzten Nervenendigungen sei nur an Goldchloridpräparaten zu ermitteln, welches Reagens bisher nur von ihm allein zum Studium der elektrischen Platten von Torpedo angewandt sei. Es glichen diese Nervenendigungen ganz den von Kühne in Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben Fig. 36 abgebildeten Endverästelungen in den motorischen Endplatten von Lacerta. Im Uebrigen gab Ciaccio keine weitere Beschreibung dieser Configuration, sondern verwies auf die seiner Mittheilung mitgegebene photographische Abbildung. Diese — übrigens keine directe Photographie eines mikroskopischen Präparats, sondern eine auf photographischem Wege vervielfältigte Zeichnung — stellte eine von meiner Abbildung sehr abweichende Configuration dar. Die zwischen den Nervenfasern des Koelliker'schen Terminalnetzes freibleibenden Räume erscheinen hier nicht, wie ich an-

---

1) Intorno all' intima tessitura dell' organo elettrico della Torpedine (Torpedo narke). — Rendiconti dell' Accademia delle scienze dell' Istituto di Bologna. Sessione del 21. Maggio 1874.

gegeben und abgebildet hatte als „verzogene und unregelmässige Rhomben“, sondern als Zwischenräume von manigfaltigster und unregelmässigster Gestaltung.

In dem Referat, welches ich bald darauf von dieser Mittheilung Ciaccio's veröffentlichte,[1]) machte ich gegen diese Einwände einige antikritische Bemerkungen. In Bezug auf den ersten Punkt musste ich meine frühere Angabe über die Lage der runden Kerne gegenüber der Behauptung Ciaccio's einfach aufrecht erhalten. Wenn zweitens Ciaccio in der von mir entdeckten Punktirung weiter nichts besonders Merkwürdiges erblicken und die Punkte als von ungleicher Grösse und in Carmin sich färbend beschreiben konnte, so konnte ich nicht anders als annehmen, dass ihm bisher die reine und volle Wahrnehmung des von mir beschriebenen und von ihm kritisirten Structurverhältnisses noch nicht geglückt sei. Ueber den dritten Punkt endlich musste ich mit meinem Urtheil zurückhalten. Durch einen unglücklichen Zufall war ich 1873 in Viareggio verhindert gewesen, das Goldchlorid auf die Untersuchung der elektrischen Platten anzuwenden und hatte mich auf das Studium von frischen und Osmium-Präparaten beschränken müssen. Es war daher sehr wohl möglich, dass das Goldchlorid in der Darstellung des Koelliker'schen Terminalnetzes die besonderen, ihm von Ciaccio zugeschriebenen Vortheile besitze, und die letzten Nervenenden wirklich in der von Ciaccio abgebildeten charakteristischen Form hervortreten lasse. Ueber diesen letzteren Punkt beschloss ich bei der nächsten Gelegenheit erneute Untersuchungen anzustellen.

Durch die in meinem Referate enthaltenen antikritischen Bemerkungen wurde Ciaccio zur Veröffentlichung einer zweiten Mittheilung[2]) veranlasst. In dieser vom 22. August 1875 datirten Publication wurden die zwischen uns obwaltenden Differenzen wesentlich vereinfacht dadurch, dass Ciaccio die beiden

1) Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften 1874. Nr. 56.

2) Nuove osservazioni intorno all' intima tessitura dell' organo elettrico della Torpedine (Torpedo narke Risso e Torpedo Galvanii Bonap.) — Lo Spallanzani, Rivista di Scienze mediche e naturali. Anno XIII. Fasc. X. 1875.

ersten Punkte einfach zurücknahm. Namentlich erkannte er jetzt die „Punktirung" als ein durchaus eigenthümliches Structurverhältniss an und bestätigte dadurch die Richtigkeit meiner in dem Referate ausgesprochenen Voraussetzung, dass ihm zur Zeit, als er seine erste Mittheilung veröffentlichte, die Wahrnehmung der wirklichen „Punkte" noch nicht einmal geglückt war. Nur die dritte Differenz, betreffend die Form des Koelliker'schen Terminalnetzes, blieb zwischen uns beiden noch bestehen. In Bezug auf diese Bildung wiederholte und erweiterte Ciaccio seine früheren Angaben, dass sie aus nackten Axencylindern zusammengesetzt sei, „welche, bald sich verbreiternd, bald sich verschmälernd, theils mit einander sich verbinden, theils mit freien Enden aufhören, also in ihrem Ensemble durchaus nicht das bisher von allen Autoren beschriebene regelmässige, aus gleichmässig starken Nervenfasern bestehende und gleichartige Maschen einschliessende Netz darstellen".

Als ich mich im Herbst 1875, unmittelbar nach dem Erscheinen dieser letzten Mittheilung nach Viareggio begab, um die elektrischen Platten mittelst der Goldmethode zu untersuchen, hatte ich das Glück, dort Ciaccio persönlich vorzufinden, den ganz die gleiche Absicht dorthin geführt hatte. So konnte denn jeder von uns die uns beide gleichmässig interessirende Arbeit mit gedoppeltem Nutzen vornehmen, da Jeder dem anderen seine Erfahrungen vorlegte und die besten Präparate demonstrirte. Speciell bin ich Ciaccio dafür Dank schuldig, dass er mir seine Methoden zur Vergoldung und Versilberung mittheilte und mir dadurch viel nutzloses Herumexperimentiren ersparte. Unter diesen gewiss ausserordentlich günstigen Bedingungen sind die in dieser Arbeit niedergelegten Resultate gewonnen worden.

Ueber die Methoden der Untersuchung ist zu bemerken, dass sowohl die Versilberung wie die Vergoldung, wie eine Combination beider Methoden angewandt wurde.

Für die erste Methode dienten mir Silbernitratlösungen verschiedener Concentrationen (1 : 200, 1 : 300, 1 : 500). An den so imprägnirten elektrischen Platten bleiben die Nervenfasern weiss; es färben sich die zwischen ihnen frei bleibenden

Maschen des sogenannten Koelliker'schen Terminalnetzes in den gelben bis braunen Tönen, welche der Silberimprägnation eigenthümlich sind. Diese Bilder will ich als negative Darstellungen des Terminalnetzes bezeichnen.

Für die Vergoldungsmethode hielt ich mich ganz ausschliesslich und streng an die ursprüngliche Cohnheim'sche Vorschrift, und bediente mich nur einer schwach durch Essigsäure angesäuerten halbprocentigen Goldchloridlösung. Diese Methode producirt ausschliesslich positive Darstellungen des Terminalnetzes, dessen Nervenfasern roth oder violett gefärbt erscheinen.

Viel empfehlenswerther als die Einzelanwendung der beiden Metallsalze ist ihre Combination, — ein Verfahren, welches, so viel ich habe ermitteln können, zuerst von A. Hansen[1]) vorgeschlagen worden ist und dessen ganz hervorragende Vortheile speciell für die Untersuchung der elektrischen Platten mich Ciaccio kennen lehrte. Man kann entweder erst die Goldlösung und dann die Silberlösung einwirken lassen oder auch umgekehrt verfahren; doch giebt die erstere Methode bei Weitem die besseren Resultate. Ich wage nicht zu erörtern, durch welche chemische Wechselwirkung der beiden Metallsalze die eminenten histiologischen Vorzüge dieser combinirten Methode zu erklären sind. Thatsache ist, dass die so erhaltenen Bilder in jeder Beziehung den Vorzug vor den blossen Silberbildern oder Goldbildern verdienen. Einmal treten in ihnen die Färbungen viel intensiver und schöner ein und zweitens zeigen beide Arten von Bildern, die negativen sowohl wie die positiven, eine grössere Klarheit und schärfere Begränzungen. Gewöhnlich werden bei Anwendung dieser combinirten Methode stets gleichzeitig positive und negative Bilder erhalten, die oft in einer und derselben Platte mit einander abwechseln, ohne dass es mir möglich gewesen wäre, einen ersichtlichen Grund ausfindig zu machen, weshalb hier eine negative Färbung und unmittelbar daneben eine positive Färbung der elek-

1) Untersuchungen über die entzündlichen Veränderungen der Hornhautkörper. — Wiener medicinische Jahrbücher 1871. S. 218.

trischen Platte eingetreten war. Bei den negativen Bildern ist der gefärbte Grund der Platten, von dem die meisten Nervenfasern sich abheben, jedoch niemals gelb oder braun wie nach der reinen Silberimprägnation, sondern von einer Farbe, welche die grösste Aehnlichkeit mit einem tiefen Nachtblau hat. Bei den positiven Bildern ist die Färbung der Nervenfasern stets unvergleichlich viel intensiver, als bei der isolirten Anwendung der Goldmethode. Nicht selten kommen in diesen Bildern tiefbraune, wie mit Silber imprägnirte Nervenfasern vor, und die so gefärbten Stellen dieser Präparate sind es gerade, denen ich die entscheidenden Aufschlüsse über die letzten Enden der elektrischen Nerven zu verdanken habe.

Im Allgemeinen ist über alle diese drei Methoden zu bemerken, dass sie in ihrer Anwendung auf die elektrischen Platten nicht weniger launisch sich beweisen als bei den anderen Geweben. Oft muss man die gefärbten elektrischen Platten weit und breit durchmustern, ehe man auf Stellen trifft, in denen die positive oder negative Reaction wirklich in homogener und befriedigender Weise eingetreten ist und nicht regellose Niederschläge die Bilder unzuverlässig machen.

Aber auch an solchen Stellen, an denen wirklich eine durchaus gleichartige und scheinbar vollkommen zuverlässige Reaction über weite Strecken erfolgt ist, darf man dem Anschein durchaus nicht ohne Weiteres trauen.

Besonders unzuverlässig sind in dieser Beziehung die reinen Silberbilder, welche negative Darstellungen der elektrischen Platten liefern. So stellen z. B. die Abbildungen Fig. 1—3 alle drei scheinbar ganz normale Silberbilder dar. Alle drei sind von Präparaten gezeichnet, in denen auf ganz weite Strecken hin die dunkelgefärbten Partien die in den Zeichnungen wiedergegebene characteristische Configuration in vollkommener Gleichartigkeit darboten, eine Gleichartigkeit, die die Meinung erwecken könnte, als ob hier wirklich jedesmal durch die Silberimprägnation ein präformirtes Structurverhältniss zum wahrheitsgetreuen Ausdruck gebracht worden sei. Dennoch ergiebt eine einfache Ueberlegung, dass von diesen drei Silberbildern mindestens zwei „falsch“ sein müssen, d. h. dass sie

die in dem Koelliker'schen Terminalnetz bestehende Configuration, die Balken wie die zwischen ihnen eingeschlossenen Maschen nicht wirklich wahrheitsgetreu reproduciren können. Denn es ist sicher, dass diese Configuration überall in den elektrischen Platten eine vollkommen gleichartige ist und nirgends Verschiedenheiten zeigt, welche für das Zustandekommen so verschiedener Silberbilder verantwortlich gemacht werden könnten. Wenigstens ist es mit den zuverlässigsten Methoden — Untersuchung in Liquor cerebrospinalis und Osmiumsäure — niemals gelungen, irgendwelche locale Verschiedenheiten im mikroskopischen Bilde der elektrischen Platten nachzuweisen, welches überall durchaus gleichartig erscheint.

Wie ein eingehenderes Studium der zahllosen, durch die Silberimprägnation in den elektrischen Platten hervorzubringenden verschiedenen Bilder (von denen die drei hier mitgetheilten nur willkürlich gewählte, besonders characteristische Typen darstellen) mit grosser Evidenz ergiebt, stehen alle diese Silberbilder in einem verschiedenen relativen Verhältniss zur Wahrheit, d. h. sie reproduciren mehr oder minder approximativ die wirkliche natürliche Configuration des Terminalnetzes.

Am meisten entfernt von der Naturwahrheit ist unter den mitgetheilten Bildern Fig. I, welche kleine dunkle Silberniederschläge darstellt, die nirgends auf grössere Strecken hin zusammenhängen, sondern überall von einander durch ungefärbte Zwischenräume getrennt sind. Einzelne dieser Niederschläge entsprechen in ihrer Form fast vollkommen genau den Figuren auf der Abbildung, welche Ciaccio seiner ersten Mittheilung beigegeben hat.[1]) — Das zweite Präparat Fig. II nähert sich schon mehr der Naturtreue: die einzelnen Silberniederschläge erscheinen voluminöser und complicirter gestaltet, wie wenn sie durch ein Zusammenfliessen mehrerer der in Fig. I noch durchweg vereinzelt gebliebenen Figuren entstanden wären. — Denkt man sich dieses Zusammenfliessen der einzelnen Silberfiguren

---

1) Das von Ciaccio reproducirte Präparat, in der Erklärung der Abbildung einfach als Goldpräparat bezeichnet, war sicher nach der combinirten Gold-Silbermethode erhalten worden.

noch weiter fortgesetzt, so kommen Bilder zu Stande, wie die Abbildung Fig. III, welche unter den mitgetheilten reinen Silberimprägnationen entschieden die vollkommenste ist und der Naturtreue am nächsten kommt.

Aus dem Studium dieser verschiedenen Bilder hat sich also ergeben, dass die reine Silbermethode insofern wenigstens absolut unzuverlässig ist, als niemals die Garantie einer wirklich naturgetreuen (negativen) Wiedergabe des Koelliker'schen Terminalnetzes besteht. Es werden bei der Silberimprägnation der elektrischen Platten in die Zwischenräume der Nervenfasern weniger oder mehr reichliche Silberniederschläge deponirt, die diese Zwischenräume weniger oder mehr vollkommen ausfüllen und so eine Reihe verschiedener Bilder bedingen, welche je nach der grösseren Vollkommenheit der Silberniederschläge der Naturwahrheit sich immer mehr annähern. Nach diesem Grundsatze gelingt es zwar unschwer zu bestimmen, welches von zwei vorliegenden Silberbildern das vollkommenere ist und sich mehr der Naturtreue annähert; die Frage aber, ob ein Silberbild wirklich absolut genau die Configuration des Terminalnetzes reproducire, kann der Natur der angewandten Methode nach niemals mit Sicherheit entschieden werden, da es niemals mit Gewissheit festzustellen sein wird, ob wirklich eine absolute und vollständige Ausfüllung der Zwischenräume durch die Silberniederschläge stattgefunden hat. Die Frage, ob und inwiefern selbst das vollkommenste der erhaltenen Silberbilder, z. B. Fig. III wirklich genau die natürliche Configuration des Koelliker'schen Terminalnetzes reproducire, kann also auf Grund dieser Methode allein gar nicht beantwortet werden. Zu ihrer definitiven Erledigung ist es nöthig, noch erst eine andere Methode, die der positiven Goldbilder zu Hülfe zu nehmen.

Während bei den Silberbildern die Reaction in der mehr oder minder vollständigen Form, in welcher sie gerade eingetreten ist, sich gewöhnlich in gleichmässiger Schärfe und Deutlichkeit über eine grössere Ausdehnung der elektrischen Platten zu erstrecken pflegt, ist bei der Goldfärbung das Gegentheil der Fall. Eine (positive) Färbung des Terminalnetzes ist zwar gleichfalls auf ausgedehnte Strecken hin eingetreten; aber

leider ist diese Färbung meist eine so wenig entschiedene und hebt die blassröthlichen Nervenfasern nur so ungenügend von dem farblosen Grunde ab, dass es bei der grossen Schwierigkeit des Objects doch so gut wie unmöglich ist, die Configuration der Nervenverästelung scharf und bestimmt mit dem Auge aufzufassen. Nur an einigen, seltenen und meist ganz circumscripten Stellen ist inmitten des blassroth gefärbten Nervennetzes eine Vertiefung des Farbentones eingetreten, und auf ganz kleine Strecken hin erscheint das Terminalnetz intensiv violett oder braunroth gefärbt mit so vollendeter Schärfe, dass es möglich ist, seine Configuration genau mit dem Auge aufzufassen und bis ins kleinste Detail in der Zeichnung zu reproduciren.

Derartige beschränkte, dunkler gefärbte Stellen des Nervennetzes sind in den Abbildungen Fig. IV—VII wiedergegeben worden. Ich glaube, dass das Studium der mitgetheilten Zeichnungen ausreichen wird, um richtige und erschöpfende Vorstellungen über die Natur der in den elektrischen Platten von Torpedo stattfindenden Nervenverästelung zu gewinnen.

Zunächst und vor allem ist die Richtigkeit der Bemerkung Ciaccio's anzuerkennen, dass es sich in dieser Terminalverästelung des N. electricus nicht um ein gleichmässiges geschlossenes Netz, bestehend aus regelmässigen Balken und ebenso regelmässig geformten Maschen handelt, wie M. Schultze es beschrieben hat und auch ich noch in meiner letzten Arbeit es angenommen hatte, sondern dass die hier vorliegende Bildung einen von der eigentlichen Netzform sehr abweichenden Character trägt, indem die Nerven durchaus nicht regelmässig mit einander anastomosiren, sondern allenthalben mit freien Enden aufhören. Hierdurch wird es bedingt, dass von irgend einer bestimmten Form der Maschen, die M. Schultze als quadratisch und ich als verzogene Rhomben beschrieben habe, gar nicht die Rede sein kann, sondern dass diese, die nichts weiter sind als die zwischen und neben der Nervenverästelung ausgesparten Räume, eben jede mögliche Form werden annehmen können.

Hier ist nun eine anatomische Frage zu erörtern, deren

Entscheidung, wie ich glaube, eine hohe Bedeutung für die physiologische Erkenntniss der elektrischen Platten von Torpedo besitzt, ob nämlich in dem Bereiche dieser Terminalverästelung neben den freien Enden der Nervenfasern auch noch wirkliche Anastomosen der Nervenprimitivfasern vorkommen oder nicht. Ciaccio, dem das Verdienst gebührt, zuerst gegen die seit M. Schultze's bekannter Arbeit feststehende Idee eines geschlossenen Netzes Opposition gemacht und ganz im Sinne einer älteren, aber unter dem Eindrucke der M. Schultze'schen Monographie in ungerechtfertigte Vergessenheit gerathenen Mittheilung von Remak[1]) — das Vorhandensein freier Endigungen der Nervenfasern hervorgehoben zu haben, lässt in seiner ersten, wie in seiner zweiten Abhandlung, in der Abbildung wie im Text neben diesen freien Endigungen noch den Modus der Anastomosenbildung bestehen. Auch ich war eine Zeit lang der Ansicht, dass beide Formen, freie Endigungen und Anastomosen neben einander vorkämen, wenn ich auch geneigt war, die letzteren als die Ausnahmen zu betrachten. Die noch in Viareggio selbst gezeichnete Abbildung Fig. IV, in welcher neben sehr zahlreichen freien Enden auch noch einige Anastomosen wiedergegeben sind, ist ein Beleg dafür, wie ich damals das mikroskopische Bild dieser Terminalverästelung beurtheilen zu müssen glaubte. Ich vermied es daher auch in der am Schlusse meines Aufenthaltes in Viareggio abgefassten (vom 17. October datirten) Mittheilung an die Berliner Akademie die Existenz dieser Anastomosen absolut zu verneinen und formulirte mein Endresultat dahin, „dass fast überall die letzten Enden der Nervenfasern frei aufhören und nicht mit denen anderer Nervenfasern in Continuität treten“.

Von Viareggio nach Rom zurückgekehrt, setzte ich dort an mitgebrachtem und vortrefflich conservirtem Material meine Studien fort und gelangte bald zu der Ueberzeugung, dass es dieses einschränkenden „fast“ nicht bedurft hätte und dass die von mir angenommenen und auch noch in Fig. IV gezeichneten

1) Ueber die Enden der Nerven im elektrischen Organ des Zitterrochen. — Dies Archiv, 1856. S. 470.

Anastomosen in der That nicht existiren und nur an weniger vollkommen gefärbten Stellen der Präparate vorgetäuscht werden. Je vollkommenere und intensiver gefärbte Präparate ich erhielt, desto seltener konnte ich die Anastomosen nachweisen, so dass ich bald dazu gekommen bin, ihre Existenz völlig zu bestreiten und in den elektrischen Platten von Torpedo ganz ausschliesslich die zuerst von Remak behauptete freie Endigung der Nervenfasern anzunehmen. Das entscheidende Präparat, welches mir jeden Zweifel in dieser Hinsicht benahm, ist in Fig. VII wiedergegeben worden. An den tief braunroth gefärbten Nervenfasern sind ganz ausschliesslich nur freie Endigungen und niemals Andeutungen einer Verschmelzung mit einer benachbarten Faser wahrzunehmen.

Es ist mir eine grosse Genugthuung, dass ich in dieser absoluten Negation der Anastomosenbildung vollständig übereinstimme mit Ranvier, welcher gleichzeitig mit mir die elektrischen Platten von Torpedo an Gold- und Silber-Präparaten untersucht hat und gleichfalls zu dem Resultate gelangt ist, dass die letzten Enden der Nervenfasern nur frei aufhören, niemals aber eine Anastomosenbildung eingehen.[1])

Unter diesen Umständen wird es nunmehr angezeigt sein, die bisher für die Endverästelung des N. electricus übliche und bequeme Bezeichnung des Koelliker'schen Terminalnetzes gänzlich aufzugeben. Denn man kann unmöglich die Bezeichnung „Netz“ einer Bildung belassen, deren characteristisches Wesen eben darin besteht, dass sie nirgends geschlossene Maschen besitzt, also ganz das Gegentheil eines Netzes ist, wenn der äussere Anblick auch eine noch so grosse Aehnlichkeit mit einem Netze darbietet. Es wird sich für diese letzte Endverästelung statt des unmöglich gewordenen Namens des Koelliker'schen Terminalnetzes noch am Besten die Bezeichnung der Koelliker'schen Terminalverästelung empfehlen.

---

1) Sur les terminaisons nerveuses dans les lames électriques de la Torpille. — Comptes rendus etc. 20 Décembre 1875, und Bulletin hebdomadaire de l'Association scientifique de France. t. XVII. p. 251. 23 Janvier 1876.

Nach diesen durch das Studium der (positiven) Goldpräparate erzielten Resultaten kann nunmehr zu der Beantwortung der oben offen gelassenen Frage geschritten werden, ob und welche (negative) Silberbilder wirklich genau die Configuration der Koelliker'schen Terminalverästelung reproduciren. Offenbar kann man dies nur von solchen negativen Bildern behaupten, welche sich als die vollkommenen Ergänzungen der positiven Goldbilder darstellen. Entsprechend diesen letzteren, in denen niemals eine wirkliche Anastomose zweier Nerrenfasern vorkommt, dürfte also in den wirklich getreuen Silberbildern niemals eine geschlossene Masche d. h. niemals ein isolirtes Stück des dunklen Grundes vorkommen.

Derartige absolut vollkommene negative Bilder habe ich mittelst der reinen Silberimprägnation niemals erhalten. Selbst die vollkommenste der mitgetheilten Abbildungen, Fig. III, zeigt die weisse Zeichnung der Nervenverästelung durchaus nicht auf einem überall zusammenhängenden dunklen Grunde, sondern zeigt eine Menge einzelner dunkler Inseln, welche allseitig von den weiss gebliebenen Nervenfasern umschlossen werden, — ein Verhältniss, das mit den positiven Bildern der Goldmethode in Widerspruch steht. Wirklich vollkommene und den positiven Goldbildern absolut entsprechende negative Darstellungen der Koelliker'schen Terminalverästelung erhielt ich nur durch die combinirte Methode der Gold- und Silber-Behandlung, bei welcher — wie oben erwähnt — nicht selten negative Bilder der Terminalverästelung auf stahlblauem Grunde erscheinen. Diese Bilder, von denen die Abbildungen Fig. VIII und IX eine getreue Vorstellung zu erwecken geeignet sind, zeigen ebensowenig ein isolirtes Stück des dunklen Grundes, wie gelungne Goldpräparate eine Anastomose zweier Nervenfasern zeigen. Von den beiden mitgetheilten Abbildungen ist übrigens nur Fig. IX nach einem Präparat gezeichnet; Fig. VIII ist eine schematische Zeichnung, bei deren Herstellung die Umrisse des positiven Goldpräparates Fig. VII zu Grunde gelegt wurden, um so an einer einzigen ganz bestimmten Configuration direct das negative mit dem positiven Bilde vergleichen zu können.

Es bleibt nun nach Erledigung der Frage über die Configuration der Koelliker'schen Terminalverästelung noch die andere Frage zu erörtern, wie sich an den mittelst der Gold- und Silbermethode hergestellten Präparaten die „Punktirung" der elektrischen Platten verhält. Ueber dieses eigenthümliche Structurverhältniss haben die es als ein solches anerkennenden neueren Untersucher Ciaccio (der die Punkte mit den Spitzen einer Reibungselektrisirmaschine vergleicht) und Ranvier neue Thatsachen oder Aufschlüsse beizubringen nicht vermocht. Auch ich selbst bin heute noch nicht im Stande, auch nur einen Schritt über das hinauszugehen, was ich im Jahre 1873 in meiner ersten Abhandlung über dieses räthselhafte Structur-Verhältniss ermitteln konnte.

Sowohl das Silbernitrat wie das Goldchlorid sind im Stande die Punktirung vollständig und mitunter höchst elegant zu conserviren; doch sind sie in dieser Beziehung sehr unzuverlässig, und man kann an Gold- oder Silberpräparaten niemals mit solcher Sicherheit darauf rechnen, die Pünktchenstructur erhalten zu sehen wie nach Einwirkung der Osmiumsäure. Verhältnissmässig am vorzüglichsten bewährte sich auch für diesen Zweck die combinirte Anwenduug der beiden Metallsalze.

In wohlgelungenen Präparaten, welche unmittelbar nach eingetretener Gold- und Silberreaction untersucht wurden, finden sich nicht selten ausgedehnte Stellen, wo die Pünktchenstructur in gleicher Vollkommenheit und fast mit gleicher Präcision zu demonstriren ist, wie an den besten Osmiumpräparaten. Diese Erhaltung der Pünktchenstructur findet sich sowohl an den positiv wie an den negativ gefärbten Stellen der elektrischen Platten; besonders die letzteren (Vgl. die Abbildungen Fig. VIII und IX) gewähren einen ausserordentlich eleganten Anblick, indem die dunkleren Pünktchen auf dem weissen Grunde sich ungemein scharf abzeichnen. Aber auch in den positiven Bildern, in denen die Pünktchen nicht auf einem weissen Grunde sondern als dunklere Körnchen auf dem an und für sich schon gefärbten Grunde der Nervenverästelung erscheinen, erhält man, wenn auch seltener, in ihrer Art kaum minder vollkommene Präparate. (Vgl. die Abbildung Fig. VI.)

An vielen Präparaten der letzteren, positiven Art findet jedoch ein eigenthümliches Verhalten statt, das ich besonders besprechen muss, weil es sonst leicht zu einer irrigen Vorstellung über das wahre Aussehen der Punktirung Anlass geben könnte. Sehr viele, ja man kann sagen die meisten positiven Goldpräparate, in denen die Punktirung erhalten ist, zeigen sie in der in der Abbildung Fig. V wiedergegebenen Weise. Diese weicht, wie eine Vergleichung der beiden Abbildungen Fig. VI und V lehrt, nicht unerheblich ab von dem oben als normal bezeichneten Verhalten, wie es in Fig. VI dargestellt ist, dadurch dass die Punkte in sehr viel sparsamerer Anzahl vorhanden und in ihrer Stellung fast ausschliesslich auf die Ränder der Nervenfasern beschränkt sind, in der Mitte der Nervenfasern aber so gut wie völlig fehlen.

Diese Differenz ist nicht immer, wie ich zuerst glaubte, einfach auf einen Altersunterschied zurückzuführen, indem in den jüngeren Individuen schmälere und gestrecktere Nervenfasern mit sparsameren Punkten vorkommen, sondern sie findet sich auch an den elektrischen Platten desselben Individuums, ja in einer und derselben Platte. Sie kann daher nicht in jenen entwickelungsgeschichtlichen Differenzen, die an einer anderen Stelle erörtert werden sollen, sondern muss ihren Grund haben in anderen von diesen Wachsthumsverhältnissen unabhängigen Ursachen. Ich erkläre die Bilder wie Fig. V mir dadurch, dass in ihnen nur eine unvollständige Conservirung und Darstellung der Pünktchenstructur stattgefunden hat, die im ursprünglichen Zustande an jenen Stellen ganz so bedeutend entwickelt war, wie sie in den anderen Fig. VI entsprechenden Goldbildern erhalten und wiedergegeben ist. Ich stütze diese Anschauung darauf, dass die unvollkommneren Bilder, wie Fig. V, sich vorzugsweise in älteren Präparaten finden, ja dass conservirte vollkommene Goldbilder, wie Fig. VI, nach einiger Zeit eine beginnende Verarmung an Pünktchen zeigen und so den unvollkommneren Bildern allmählich ähnlich und ähnlicher werden. Durch diese immer fortschreitende Verminderung der Pünktchen wird dann schliesslich ein Stadium erreicht, wie das in

Fig. VII dargestellte, wo die ganze Nervenverästelung vollkommen glatt und ohne jeden ihr ansitzenden Punkt erscheint.

So sind also durch die neuen Methoden, wenn auch keine neuen Aufschlüsse über die Bedeutung der Pünktchenstructur erhalten, so doch die Resultate meiner früheren Untersuchung durchaus nur in schönster Weise bestätigt worden. Nach zwei bereits veröffentlichten, mehr oder minder noch mit Fehlern behafteten Versuchen,[1]) wage ich es nunmehr eine dritte und hoffentlich letzte! — vervollkommnete Zeichnung der Pünktchenstructur den Fachgenossen vorzuführen, die in der Abbildung Fig. X genau so wiedergegeben wurde, wie sie an gelungenen Osmiumpräparaten erscheint. Ebenso wie ich in Fig. VIII die Configuration von Fig. VII in negativer Weise reproducirt habe, habe ich bei Anfertigung der Zeichnung Fig. X die Configuration von Fig. VI zu Grunde gelegt, um so eine deutliche Vorstellung von dem Verhältniss der Nervenverästelung zu der Pünktchenstructur und der Goldpräparate zu den Osmiumpräparaten zu erwecken. Wer die beiden neben einanderstehenden Abbildungen mit einander vergleicht, wird es begreiflich und verzeihlich finden, wenn ich in meiner ersten, allein auf das Studium von Osmiumpräparaten begründeten Mittheilung die Maschen des „Netzes“ als verzogene und unregelmässige Rhomben und das „Netz“ selbst als ein vollkommen geschlossenes beschreiben konnte: denn als ein solches stellt sich diese Bildung dar in Osmiumpräparaten, in denen die Nervenfasern selbst stets nur äusserst blass gefärbt sind,[2]) und in denen die durch die Pünktchenstructur hervorgebrachte Reproduction der Nervenfasern den Anschein geschlossener Maschen erweckt aus dem Grunde, weil oft die Distanz zweier verschiedenen Nervenfasern angehörigen Punkte nicht grösser ist als die normale Distanz, welche zwischen den einzelnen einer einzigen Nervenfaser angehörigen Punkten vorliegt.

---

1) Archiv für mikrosk. Anatomie. Band X, Tafel VIII, Fig. V und ebenda Band X, Tafel XV, Fig. X.

2) Die von Ranvier mit solchem Erfolge angewandte Combination der Osmiumfärbung mit der Goldchloridkaliumbehandlung habe ich noch nicht versuchen können.

Ich stehe am Ende einer Darstellung, für deren Weitschweifigkeit ich fühle um Entschuldigung bitten zu müssen. Andererseits schien mir eine derartig eingehende Behandlung auch der untergeordnetsten Details geboten, um die an die Spitze dieses Aufsatzes gestellte Behauptung zu rechtfertigen, dass nunmehr die Nervenendigung im elektrischen Organ von Torpedo genauer bekannt sei, als jede andere Nervenendigung in irgend einem Organ des thierischen Körpers. Durch die mit gleichem Erfolge auf ein gleiches Ziel von Ciaccio, Ranvier und mir gerichteten Bemühungen ist es in vollkommen übereinstimmender Weise festzustellen gelungen, dass die elektrischen Nerven von Torpedo endlich übergehen in eine ausserordentlich feine Endverästelung, bestehend aus etwas abgeplatteten Nervenfasern von wechselnder Breite, welche der Bauchfläche der elektrischen Platten angedrückt ist. Innerhalb dieser Endverästelung endigen die sämmtlichen, sich vorher unzählige Male getheilt habenden Nervenfasern alle ohne Ausnahme frei: keine einzige geht eine peripherische Verbindung mit einer anderen einem anderen Stamme entsprossenen Nervenfaser ein. An der unteren (dem Rücken zugekehrten) Fläche dieser terminalen Nervenverästelung und ihre Configuration genau reproducirend befinden sich die zahllosen räthselhaften Pünktchen als ebenso viele Spitzen, in welche die Nervenfaser zuletzt übergeht.

Trotz der grossen Schwierigkeit des mikroskopischen Objects und der starken Vergrösserungen, die zu ihrer Feststellung nothwendig sind, sind diese Thatsachen vollkommen positiv. Wir können nunmehr das grosse Wort gelassen aussprechen, dass die Frage nach der Nervenendigung im elektrischen Organ des Zitterrochen abgeschlossen ist, und dass für unsere Zeit wenigstens es der Anatomie nicht mehr gelingen wird, sie noch weiter zu fördern. Die Anatomie hat innerhalb der ihr gestellten Grenzen ihre Aufgabe vollkommen gelöst und erwartet nuumehr von der Physiologie und ihren Methoden eine weitere Vertiefung der Erkenntniss. Vielleicht dass der von der Anatomie jetzt geführte Nachweis der ausschliesslichen freien Endigungen der elektrischen Nerven die Schwesterwissenschaft

veranlassen wird, eine schon einmal aufgeworfene Frage[1]) näher ins Auge zu fassen: was unter diesen Umständen denn schliesslich aus der negativen Schwankung des Nervenstromes werden muss, die den Erregungsvorgang innerhalb der Nervenfaser jedenfalls doch wohl bis an das äusserste peripherische Ende begleitet, und ob die in den elektrischen Platten von Torpedo[2]) durch die anatomischen Verhältnisse der Nervenverästelung bedingte, mehr als millionenfache[3]) Multiplication dieser Stromesschwankung nicht vielleicht ausreichend befunden wird, den Schlag des Zitterrochen zu erklären?

Roma, am 2. März 1876.

Erklärung der Abbildungen.

Sämmtliche Abbildungen mit Ausnahme von Fig. VIII und X sind direct nach Präparaten bei einer Vergrösserung durch die Hartnack'sche Immersionslinse Nr. IX gezeichnet. Es wurden stets die günstigsten optischen Bedingungen gesucht und je nach der Helligkeit auch verschiedene Oculare angewandt. So ist es gekommen, dass der Maassstab, in welchem die einzelnen Präparate wiedergegeben worden sind, nicht genau der gleiche ist: ein Fehler, den der Beschauer zu beachten und in Gedanken zu verbessern gebeten ist.

Fig. I. Silberpräparat. Sehr unvollkommen negative Darstellung der Terminalverästelung.

Fig. II. Silberpräparat. Etwas vollkommnere negative Darstellung der Terminalverästelung.

---

1) M. Schultze's Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. X, S. 118.

2) Nicht von Malopterurus.

3) [Wenn nur die negative Schwankung an den Nervenenden in Betracht kommt, würde meines Erachtens die Multiplication nur durch die Zahl der in den Säulen übereinander geschichteten Platten stattfinden, und, wegen der Nebenschliessung durch die Lücken zwischen den Nervenenden, nicht einmal durch die volle Plattenzahl.
E. d. B.-R.]



F. B. d. del.

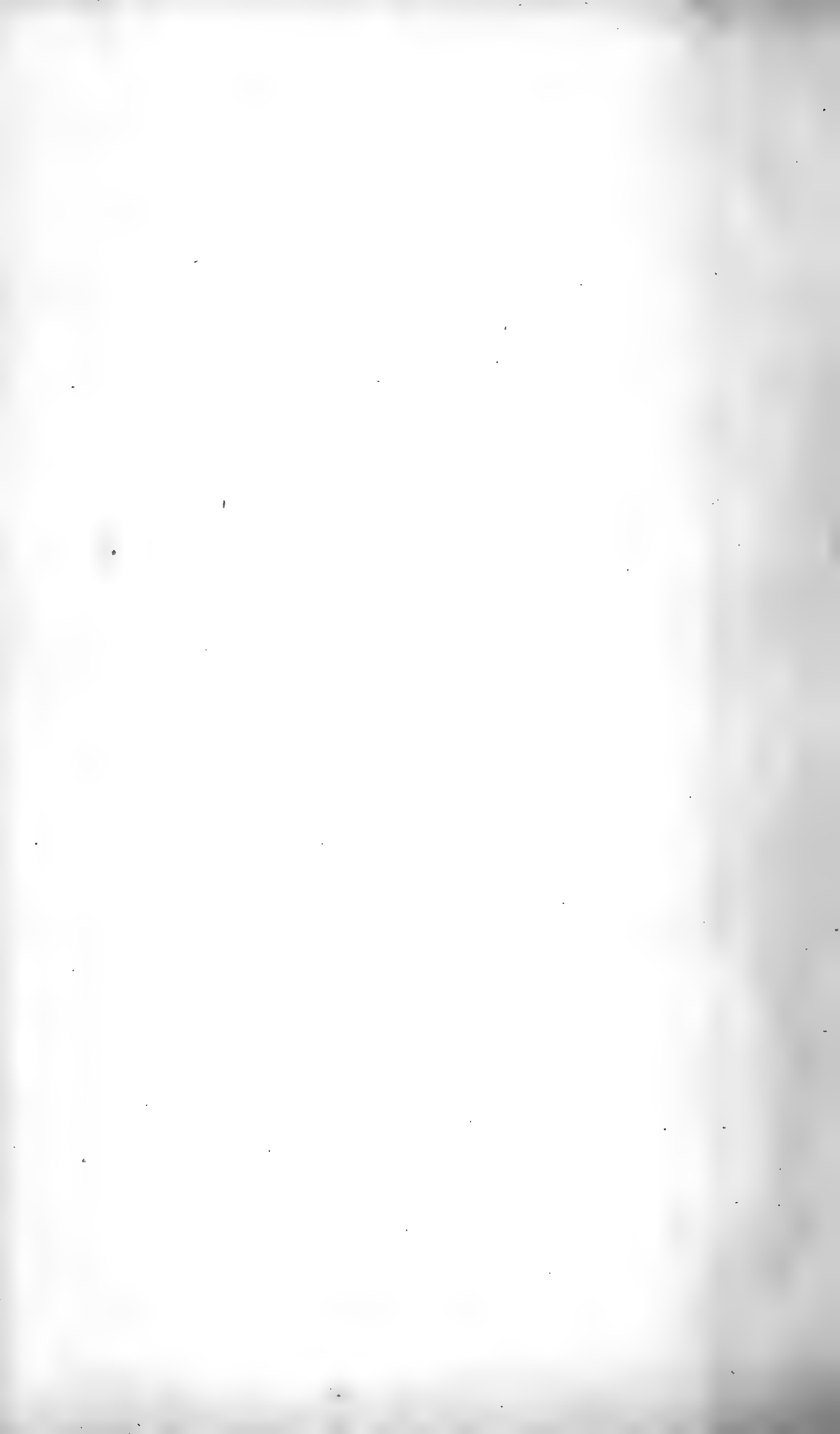


Fig. III. Silberpräparat. Relativ vollkommene negative Darstellung der Terminalverästelung.

Fig. IV. Gold- und Silber-Präparat im Herbst 1875 in Viareggio gezeichnet. Positive Darstellung der Terminalverästelung. In der Zeichnung befinden sich einige Anastomosen zwischen benachbarten Nervenfasern, die auf unrichtiger Beurtheilung des Präparats beruhen.

Fig. V. Gold- und Silber-Präparat mit positiver Darstellung der Terminalverästelung und unvollkommen wiedergegebener Pünktchenstructur.

Fig. VI. Gold- und Silber-Präparat mit positiver Darstellung der Terminalverästelung und vollkommen wiedergegebener Pünktchenstructur.

Fig. VII. Gold- und Silber-Präparat mit positiver Darstellung der Terminalverästelung; die Pünktchen fehlen vollkommen.

Fig. VIII. Die Zeichnung, welche die Configuration von Fig. VII in negativer Darstellung und mit erhaltenen Pünktchen wiedergiebt.

Fig. IX. Gold- und Silber-Präparat. Vollkommen negative Darstellung der Terminalverästelung mit erhaltenen Pünktchen.

Fig. X. Auf die Configuration von Fig. VI basirte Zeichnung der Pünktchenstructur, wie sie an wohlgelungenen Osmiumpräparaten erscheint.

Anatomische und Physiologische Untersuchungen über den Arm der Kephalopoden.

Von

Dr. Giuseppe Colasanti.

(Aus dem Laboratorium für vergleichende Anatomie und Physiologie in Rom. Fünfte Mittheilung.)

Hierzu Tafel IX u. X.

1. Einleitung.

Wenn man einem eben aus dem Meerwasser gezogenen lebenskräftigen Kephalopoden einen seiner Arme abschneidet, so fährt das abgetrennte Glied fort Bewegungen auszuführen und auf Reize zu reagiren, ganz in derselben Weise, wie wenn es noch mit dem Körper in Verbindung wäre. Die Trennung des Armes von den im Kopfknorpel gelegenen grossen Centralorganen des Nervensystems scheint weder in der Sphäre der Bewegung noch der Empfindung die geringste Störung hervorgebracht zu haben: wenigstens vermag die aufmerksamste Beobachtung keinerlei Unterschied zwischen dem Benehmen und den Bewegungen eines vom Rumpf getrennten und eines mit diesem noch in unverletzter Verbindung stehenden Armes nachzuweisen: nicht einmal die quantitative Energie der nervösen und motorischen Functionen erscheint im Geringsten vermindert. Mehr noch als der enthauptete Frosch oder der abgeschnittene Aalschwanz erschien daher der vom Körper getrennte Arm der Kephalopoden als ein vorzügliches Object, um gewisse auf die thierische Sensibilität sich beziehende Fundamentalfragen experimentell in Angriff zu nehmen.

Die ersten hierauf bezüglichen Versuche wurden im Herbst 1875 in Viareggio unternommen. Es gelang hier schon eine

Reihe physiologischer Thatsachen zu beobachten, welche sich im Verlauf der Versuchsreihen mit grosser Regelmässigkeit wiederholten. Andererseits war es jedoch unmöglich aus diesen physiologischen Thatsachen überhaupt irgendwelche bindenden Schlüsse, irgendwelche Resultate für die allgemeine Physiologie des Nervensystemes abzuleiten. Denn es fehlten damals noch gänzlich die nothwendigen anatomischen Fundamente für ein physiologisches Raisonnement: es fehlte jegliche genauere Kenntniss über die Anatomie der Muskeln und Nerven, welche in die Zusammensetzung des Kephalopodenarmes eingehen.

Diese Kenntniss zu erlangen war daher das erste Erforderniss, um in der Behandlung dieser physiologischen Fragen weitere Fortschritte machen zu können. Es wurde daher in dem folgenden Winter eine genaue anatomische Untersuchung des Armes der Kephalopoden vorgenommen, zu deren Behuf das in chromsaurem Kali gehärtete Organ nach der Stilling'-schen Methode in eine Reihe successiver Querschnitte gelegt wurde. So gelang es, die Anatomie der Muskeln und Nerven des Kephalopodenarmes vollständig festzustellen und eine sichere Basis zu gewinnen, von welcher aus die Lösung der physiologischen Fragen erfolgreicher als bisher in Angriff genommen werden konnte.

Dieses geschah im Februar d. J. 1876 in Porto d' Anzio, wo die in Viareggio begonnenen Versuchsreihen wiederholt und vervollständigt wurden. In der Deutung der Versuchsresultate bestanden jetzt nicht mehr die früheren durch die Unkenntniss der Anatomie des Organs bedingten Zweifel und es gelang durch die glückliche Vereinigung des anatomischen und physiologischen Beweismaterials zur Feststellung einiger Thatsachen zu gelangen, welche für die Frage von der thierischen Sensibilität von der allergrössten Bedeutung zu sein scheinen.

Alle die in dieser Arbeit mitzutheilenden Thatsachen, die anatomischen Angaben und die physiologischen Versuche beziehen sich allein auf die eine sowohl in Viareggio wie in Porto d' Anzio häufigste Species: Eledone moschata, welche an ihren acht Armen je nur eine einfache Reihe von Saugnäpfen

trägt. Doch hat eine an dem mit einer doppelten Reihe von Saugnäpfen versehenen Octopus vulgaris angestellte anatomische und physiologische Nachuntersuchung im Wesentlichen ganz dieselben Resultate ergeben, so dass es nicht zu gewagt sein wird, die an Eledone ermittelten Thatsachen auf die ganze Kephalopodenklasse überhaupt auszudehnen.

2. Allgemeine Bemerkungen über die Anatomie des Armes der Kephalopoden.

Das anatomische Studium des Kephalopodenarmes zerfällt naturgemäss in drei Abschnitte: es sind zu berücksichtigen die Muskelmasse, welche die Hauptsubstanz des Armes bildet, zweitens die dieser Muskelmasse aufsitzenden Saugnäpfe und endlich die in einer centralen Höhlung des Armes enthaltene „nervöse Axe", — eine Bezeichnung, die später noch ausführlich gerechtfertigt werden wird.[1])

Ueber alle diese drei Organe enthält die classische Monographie Cuvier's[2]) die ersten Angaben: sie sind als erschöpfend zu betrachten in so weit, wie die anatomische Untersuchung dieser Theile ohne Anwendung des Mikroskops vorgenommen werden kann.

Nach Cuvier scheint die Structur der die Hauptmasse des Armes bildenden Musculatur nicht weiter Gegenstand anatomischer Untersuchungen gewesen zu sein. — Auch über den Bau und Mechanismus der Saugnäpfe liegt in der Literatur nach Cuvier nur eine einzige Angabe von Keferstein[3]) vor:

---

1) Ueber die Haut, welche den Arm der Kephalopoden überzieht und hier übrigens ganz dieselben Structureigenthümlichkeiten zeigt wie an den anderen Stellen des Leibes, wird in dieser Monographie nicht gehandelt werden, da die Absicht besteht, ihr nebst ihren interessanten Einschlüssen, den Chromatophoren, an einer anderen Stelle ein besonderes Studium zu widmen.

2) Mémoire sur les Céphalopodes et sur leur Anatomie. — Mémoires pour servir à l'histoire et à l'anatomie des Mollusques. Paris 1817. p. 1.

3) Bronn und Keferstein, Klassen und Ordnungen des Thierreichs Bd. III. S. 1363. 1866.

Die Bemerkungen von W. Müller und Koelliker[1]) sowie von Boll[2]) beziehen sich ausschliesslich auf Eigenthümlichkeiten des ihre freie Oberfläche überziehenden Epithels. — Die grosse Literatur endlich, welche sich in diesem Jahrhundert über die Neurologie der Kephalopoden angesammelt hat, vernachlässigt gerade die Nerven der Arme in auffallendster Weise. Die besten und ausführlichsten Angaben über sie bietet die fleissige Monographie von Chéron;[3]) die auf sie bezüglichen Angaben Owsjannikow's und Kowalevsky's sind nur sehr unvollständig und stehen durchaus nicht auf derselben Höhe wie die übrigen Abschnitte der von beiden Forschern über die feinere Anatomie des Nervensystems der Kephalopoden veröffentlichten ausgezeichneten Arbeit.[4])

3. Anatomie der Musculatur des Kephalopodenarmes.

Jeder einzelne der acht die Mundöffnung der Eledone moschata umgebenden Arme zeigt einen elliptischen Querschnitt, dessen lange Axe gegen die Mundöffnung des Thieres gerichtet ist. Dem entsprechend sind an dem Arme zwei längere Seitenflächen und zwei kürzere Flächen zu unterscheiden, von denen die eine gegen die Mundöffnung gerichtete, welche die Saugnäpfe trägt, die innere Fläche heissen soll, während die ihr gegenüberstehende als äussere Fläche bezeichnet werden wird. In den beiden Abbildungen Fig. 1 und 2, welche Querschnitte des Armes, Fig. 1 dicht an der Basis, Fig. 2 dicht an der Spitze genommen, darstellen, bezeichnen die Buchstaben A_1 und A_2 die beiden Seitenflächen, B_1 die innere mit Saugnäpfen bekleidete und B_2 die äussere freie Oberfläche. An der Basis

1) Koelliker, Untersuchungen zur vergleichenden Gewebelehre. Würzburger Verhandlungen VIII. S. 63. 1858.

2) Beiträge zur vergleichenden Histiologie des Molluskentypus. S. 61. 1869.

3) Recherches pour servir à l'histoire du système nerveux des Céphalopodes dibranchiaux. — Annales des sciences naturelles. Zoologie. 5me Sér. t. V. p. 1. 1866.

4) Ueber das Centralnervensystem und das Gehörorgan der Kephalopoden. — Mémoires de l'Académie impériale des sciences de St. Pétersbourg. 7me Sér. t. XI. 1867.

der Arme erscheint der elliptische Querschnitt stets länger ausgezogen als an der Spitze, wo der lange und der kurze Durchmesser verhältnissmässig weniger differiren.

Die ganze Länge des Armes wird von einem Canale durchzogen, welcher in ein lockeres Bindegewebe eingebettet, die nervöse Axe und die Hauptblutgefässe des Armes enthält. Dieser Canal ist nicht genau central, sondern stets näher an der inneren (mit Saugnäpfen besetzten) als an der äusseren (freien) Oberfläche gelegen. Sein Querschnitt ist an der Wurzel des Armes elliptisch; doch sind die lange und kurze Axe dieser Ellipse nicht gleichsinnig, sondern gerade umgekehrt orientirt wie die beiden Axen des ganzen Armes. Gegen die Spitze des Armes wird das Lumen des Canals kreisförmig.

Auf sämmtlichen Querschnitten des Armes von der Wurzel bis zur Spitze zeigen die Muskelfasern stets die identische Anordnung; mit absoluter Regelmässigkeit reproducirt sich in allen Präparaten ein und dasselbe höchst elegante Bild, welches in den Abbildungen Fig. 1 und 2 wiedergegeben ist.

Sämmtliche Muskeln des Kephalopodenarmes lassen sich in folgende drei Kategorien theilen:

1) Längsmuskeln, welche von der Wurzel bis zur Spitze des Armes stets der Axe des Armes parallel verlaufen und daher auf den Querschnitten gleichfalls stets querdurchschnitten erscheinen müssen.

2) Quermuskeln, deren Richtung genau senkrecht steht zur Axe des Armes und der Längsmuskeln, und deren histiologische Elemente daher auf Querschnitten ihrer Längsaxe parallel getroffen werden.

3) Schrägmuskeln, welche weder eine reine Längs- noch eine reine Querrichtung besitzen, sondern in einer zu der Axe des Armes schiefen Ebene orientirt sind; ihre histiologischen Elemente erscheinen daher auf Querschnitten als kleine schräggestellte Stückchen.

Die Längsmuskeln nehmen die Peripherie des Armes ein. Der stärkste Längsmuskel (M. longitudinalis externus) liegt unmittelbar an der Aussenfläche des Armes; ein etwas dünnerer (M. longitudinalis internus) an der Innenfläche unmittelbar

unter der Reihe der Saugnäpfe. Beide Muskeln haben einen elliptischen Querschnitt. An den beiden Seitenflächen zeigt der Querschnitt der Längsmuskeln die Form einer schmalen Sichel, welche durch einen feinen in ihrer Mitte verlaufenden Streifen von Quermuskeln in zwei nahezu gleiche Hälften getheilt wird.

Die Hauptmasse der queren Muskeln nimmt das Centrum des Armes ein, wo die auf dem Querschnitt eine schon von Cuvier erwähnte trapezförmige Figur bilden, in deren Mitte die für die Aufnahme der nervösen Axe bestimmte Höhlung liegt. In dieser Hauptmasse verlaufen die Muskelbündel theils der langen theils der kurzen Axe des querdurchschnittenen Armes parallel und bilden ein ausserordentlich dichtes Geflecht. Von der centralen Hauptmasse drängen allenthalben feine Muskelbündel bis an die Peripherie des Armes, welche um dorthin zu gelangen die Längsmusculatur durchsetzen müssen. Diese wird dadurch vielfach unterbrochen und in einzelne Bündel zerlegt und abgetheilt, welche innerhalb der Mm. longitudinales externus et internus eine unregelmässigere, innerhalb der seitlichen Längsmuskeln aber eine völlig regelmässige Configuration besitzen, die den Querschnitten ein unvergleichlich zierliches und elegantes Aussehen giebt. — Ausser der centralen Hauptmasse und diesen von ihr ausgehenden Muskelbündeln, sind an der Peripherie des Armes noch einige Züge querer Muskelfasern vorhanden und zwar erstens ein zwischen den beiden Polen der Ellipse verlaufender, schmaler, sichelförmiger Muskelstreif, welcher wie schon oben erwähnt, die beiden seitlichen Längsmuskeln in zwei fast gleiche Hälften theilt, und zweitens eine dünne Muskelhaut, welche das System der Armmusculatur nach aussen gegen die Cutis hin vollkommen abschliesst.

Eine nur sehr geringe quantitative Entwickelung zeigen endlich die schrägen Muskeln: sie sind auf einen einzigen schmalen Streif reducirt, welcher beiderseits zwischen der langen Seite des aus queren Muskelfasern bestehenden Trapezes und dem seitlichen Längsmuskel eingeschoben ist.

Ein Muskelsystem, wie das eben beschriebene, welches

von Cuvier mit den Züngenmuskeln der Säugethiere verglichen wurde, macht die ausserordentlichen motorischen und mechanischen Leistungen des Kephalopodenarmes leicht begreiflich und erklärt die grosse Leichtigkeit, mit der dieses Organ sich verlängern, verkürzen und in allen möglichen Richtungen krümmen und beugen kann (Cuvier).

4. Anatomie der Saugnäpfe des Kephalopodenarmes.

Die erste für die Anatomie der Saugnäpfe wichtige Thatsache ist die vollkommene Unabhängigkeit ihrer Musculatur von der soeben beschriebenen Musculatur des Armes. Diese letztere bildet stets ein vollkommen in sich abgeschlossenes Ganze, welches ebenso wie von der es überziehenden äusseren Haut sich auch von den Saugnäpfen vollkommen unabhängig erhält. Dieses Verhältniss wird aus der Betrachtung von Fig 3 sehr deutlich, welche einen gleichzeitig durch die Muskelmasse des Armes und das Centrum eines Saugnapfes geführten Querschnitt darstellt. Man sieht, dass das Muskelsystem des Saugnapfes und das des Armes, beide vollkommen in sich abgeschlossen sind und von einander durchaus getrennt bleiben, und dass allein die Hautmusculatur, die an den Stellen wo die Saugnäpfe befindlich eine etwas stärkere Entwickelung zeigt, nur einige ganz schwache und unerhebliche Verbindungen mit der Muskelmasse des Armes einerseits und den Saugnäpfen andererseits eingeht. Diese Verbindungen — und die Anordnung der Hautmusculatur unter den Saugnäpfen überhaupt — scheinen übrigens eines bestimmten morphologischen Typus durchaus zu entbehren, wie ein solcher in der Musculatur des Armes und der Saugnäpfe so sehr charakteristisch ausgeprägt ist. Wie Fig. 3 lehrt, sind es nur ganz schwache und dünne Muskeln, welche die Verbindung zwischen der Muskelsubstanz des Armes und den Saugnäpfen herstellen und die mit der Function betraut sind, die geringe Verschiebung längs und seitlich des Armes auszuführen, welche nothwendig ist, um diese Organe an den für ihre günstigste Wirkung geeignetsten Ort zu bringen.

Die Musculatur der Saugnäpfe selbst bildet eine anatomische

Einheit, die in sich völlig so abgeschlossen ist wie die eben betrachtete Musculatur des Armes; die beiden Abbildungen Fig. 4 und 5 sind ausreichend, um eine klare Vorstellung vom Bau dieser Organe zu erwecken. Fig. 4 stellt einen durch die Längsaxe eines Saugnapfes geführten Schnitt dar: der ganze Saugnapf zeigt die Form eines Bechers von unregelmässiger Gestalt und Wandungen von ungleicher Dicke. Der Hohlraum dieses Bechers wird durch eine Einschnürung in zwei Abtheilungen geschieden, von denen die der Mündung nähere und grössere, der Haftraum, die den Grund des Bechers einnehmende kleinere, der Saugraum heissen soll. Der erstere wird von der Muskelsubstanz unmittelbar aufsitzenden, sehr hohen Cylinderepithelien ausgekleidet, über deren freie Oberfläche eine sehr starke Cuticula ausgebreitet ist; die cylinderepitheliale Auskleidung des letzteren zeigt eine beträchtlich geringere Entwickelung. Dieser Unterschied steht mit der Function der Theile im innigsten Zusammenhang, da allein die Oberfläche des Haftraumes mit den von dem Saugnapfe angepackten Gegenständen in Berührung kommt und daher eines stärkeren Epithelialüberzuges bedarf als die niemals damit in Contact kommende Oberfläche des Saugraumes.

Entsprechend den verschiedenen Functionen der beiden Abtheilungen des Saugnapfes sind auch die muskulösen Wandungen beider durchaus verschieden gebildet: die Muskelwand des Haftraumes ist sehr viel dünner und besteht aus einem sehr innigen Geflecht von feinen Muskellagen, die beständig in ihrer Richtung mit einander abwechseln und sich durchkreuzen; es begreift sich daher leicht, wie eine derartige Anordnung der allerverschiedenartigsten Bewegungen und Formveränderungen fähig sein und auch den verschiedenst gestalteten Oberflächen sich stets genau wird anpassen können, während quantitativ bedeutende mechanische Leistungen nicht von ihr zu erlangen sein werden. Diese letzteren sind vielmehr in ganz hervorragendem Maasse von der Musculatur des Saugraumes zu erwarten, die durchschnittlich um das Doppelte mächtiger ist, als die des Haftraumes, und in welcher die einzelnen contractilen Fasern fast alle in ein und derselben Richtung angeordnet

sind und zwar in derjenigen, in welcher ihre Zusammenziehung die göstmöglichste Erweiterung des Saugraumes hervorbringen muss.

Die Structur dieser Muskelwand ist so sehr einfach, dass zu ihrem Verständniss der in Fig. 4 wiedergegebene Längsschnitt vollkommen ausreicht, und die Abbildung eines Querschnittes durchaus überflüssig erschien. Dagegen schien es wünschenswerth, zum besseren Verständniss der in der Wand des Haftraumes bestehenden verwickelteren Anordnung der Muskelfasern noch die Querschnittsabbildung Fig. 5 mitzutheilen, zumal da diese gleichzeitig dazu dient, eine Structureigenthümlichkeit des Haftraumes zu veranschaulichen, die an Längsschnitten unmöglich hervortreten konnte: nämlich die Existenz riffartiger Leisten, welche auf der freien Oberfläche von der Basis bis zur Mündung des Haftraumes verlaufen, und deren Nützlichkeit auf der Hand liegt, da eine mit solchen Vorsprüngen versehene Oberfläche sich viel inniger an einen fremden Körper wird anpressen können als eine glatte Oberfläche. Die Zahl dieser Leisten ist (bei Eledone wenigstens) inconstant und nimmt an den einzelnen Saugnäpfen von der Basis bis zur Mündung (durch Theilung) beständig zu.

Mit der hier gegebenen Darstellung des Baues der Saugnäpfe von Eledone, haben die von Keferstein gegebene Beschreibung und Abbildung der Saugnäpfe der riesigen Architeuthis dux Steenstrup (aus dem Kopenhagener Museum) nur eine sehr entfernte Aehnlichkeit. Erneute Untersuchungen werden zu entscheiden haben, ob diese Differenzen auf fehlerhaften Beobachtungen beruhen oder — was das Wahrscheinlichere ist — in specifischen Eigenthümlichkeiten der verschiedenen Kephalopodenarten ihren Grund haben.

5. Anatomie der nervösen Axe des Kephalopodenarmes.

Der in dem centralen Canal des Kephalopodenarmes verlaufende Nerv zeigt bei der Betrachtung mit blossem Auge Anschwellungen, welche in regelmässigen Abständen auf einander folgen und in ihrer Anzahl und Lage genau der Reihe

der Saugnäpfe entsprechen. Es erweckt dieses Bild durchaus die Vorstellung, als ob der Nerv des Armes in regelmässigen Abständen mit Ganglien besetzt sei. In der That haben alle Autoren ohne eine einzige Ausnahme, auch Chéron und Owsjanikow und Kowalevsky dieser aus der makroskopischen Betrachtung abgeleiteten Vorstellung ohne weiteres gehuldigt und übereinstimmend den Armnerven der Kephalopoden als einen peripherischen, allein aus Primitivfasern zusammengesetzten Nerven beschrieben, welcher in regelmässigen Abständen zu peripherischen Ganglien anschwelle und nur innerhalb dieser Anschwellungen Nervenzellen enthalte.

Die genauere mikroskopische Untersuchung ergiebt jedoch, dass diese Vorstellung durchaus irrig ist, und dass vielmehr der Nerv des Kephalopodenarmes in seiner ganzen Länge von der Basis bis zu der Spitze des Armes Ganglienzellen enthält und zwar in einer vollkommen bestimmten Anordnung, die sich auf jedem einzelnen Querschnitte in identischer Weise und mit gleicher Regelmässigkeit reproducirt, wie das bekannte schräge Kreuz auf den Querschnitten des Rückenmarks der Wirbelthiere. Es müssen also die Centralnerven der Arme (für welche daher zweckmässig die Bezeichnung der nervösen Axe eingeführt wird) durchaus als nervöse Centralorgane angesehen und sie dürfen in keiner Weise, wie bisher allgemein geschah, zum peripherischen Nervensystem gerechnet werden.

Die drei Abbildungen Fig. 6—8 stellen drei verschiedene Durchschnitte durch die nervöse Axe dar, von denen Fig. 6 durch eine der an der Basis des Armes gelegenen ganglienartigen Anschwellungen, Fig. 7 durch die darauf folgende Einschnürung und Fig. 8 durch eine ganglienartige Anschwellung der Armspitze geführt wurde. Es ist unmöglich, diese drei neben einander stehenden Abbildungen zu betrachten und mit einander zu vergleichen, ohne auf die höchst überraschenden Uebereinstimmungen aufmerksam zu werden, die zwischen dieser Bildung und dem Rückenmark der Wirbelthiere bestehen.

Zunächst fällt hier ins Auge die bilaterale Symmetrie, die bei der nervösen Axe nicht weniger deutlich ausgesprochen

erscheint als beim Rückenmark der Wirbelthiere; eine von der in einer medianen Längsfurche der nervösen Axe eingebetteten Arteria brachialis ausgehende Raphe von Bindegewebe und Gefässen theilt die Substanz der nervösen Axe genau so in zwei symmetrische Hälften, wie das Rückenmark durch die beiden Incisurae longitudinales eingetheilt wird; die Längsrichtung dieser Raphe fällt mit der langen Axe des elliptischen Querschnittes zusammen.

Zweitens drängt sich dem Beobachter die Constanz auf, mit welcher sich in allen möglichen Querschnitten der nervösen Axe von der Basis bis zur Spitze, in den Anschwellungen wie in den Einschnürungen, stets ein und dasselbe Bild reproducirt, ganz wie im Rückenmark stets das Bild des Kreuzes wiederkehrt. Diese Uebereinstimmung gewinnt noch an Bedeutung durch die Thatsache, dass ganz wie im Rückenmark so auch in der nervösen Axe das identische Bild bedingt wird durch eine bestimmte Abwechselung und Configuration von zwei Substanzen, die ohne den geringsten Zwang als graue und weisse bezeichnet werden können, da die erste ganz wie die des Rückenmarks exclusiv aus Ganglienzellen und moleculärer Masse, die zweite ebenso exclusiv aus Nervenfasern besteht, die ganz ebenso querdurchschnitten erscheinen, wie die weissen Stränge des Rückenmarks.

Dieses stets wiederkehrende Querschnittsbild der nervösen Axe, welches zuerst, wenn auch ungenau von Chéron beschrieben und abgebildet wurde, ist allerdings dem Querschnitte des Rückenmarks einigermaassen unähnlich. In der nervösen Axe umgiebt nicht eine Schaale weisser Substanz den grauen Kern, sondern beide Substanzen erscheinen auf dem Querschnitt neben einander gelagert. Die weisse Substanz besteht aus zwei symmetrischen Strängen von rundlichem Querschnitt, welche den der Aussenfläche des Arms zunächstliegenden Theil der nervösen Axe einnehmen. Die graue Substanz liegt der Innenfläche des Armes näher; sie zerfällt in einen Ganglienzellenhaltigen und in einen Ganglienzellen-freien Theil, welcher letztere in seinem mikroskopischen Aussehen die grösste Aehnlichkeit mit der moleculären Aussenschicht der Kleinhirnrinde

zeigt. Das Verhältniss dieser beiden Theile der grauen Substanz ist ein durchaus constantes, indem dic Ganglienzellenschicht die moleculäre Masse von aussen in Hufeisenform umgiebt.

Die interessantesten Uebereinstimmungen zwischen der nervösen Axe und dem Rückenmark ergeben sich jedoch erst aus dem Vergleich der einzelnen verschiedenen Querschnitte der nervösen Axe und aus der Discussion über die anatomische Bedeutung der Verschiedenheiten, welche das eben beschriebene Querschnittsbild der nervösen Axe an verschiedenen Stellen zeigt. Diese Discussion ergiebt für die anatomische Auffassung der nervösen Axe ganz die gleichen Gesichtspunkte, welche aus dem Vergleich der verschiedenen Rückenmarksquerschnitte für die Anatomie dieses Organs festgestellt worden sind.

Vergleicht man die beiden in Fig. 6 und 7 wiedergegebenen Querschnitte der nervösen Axe mit einander, von denen der erste durch eine an der Basis des Armes gelegene Anschwellung, der zweite durch die dicht daneben befindliche Einschnürung geführt wurde, so ergiebt sich, dass das verminderte Volumen des letzteren ausschliesslich seinen Grund hat in der Volumsverminderung der grauen Substanz und in der verringerten Anzahl der Ganglienzellen, während die weisse Substanz nicht die geringste Volumsverminderung zeigt. Es erklärt sich dieses Verhalten daraus, dass in den Einschnürungen die graue Substanz allein für die Musculatur und Haut des Armes die Nervenwurzeln herzugeben hat, während in den Anschwellungen noch die sensitiven und motorischen Nerven für die Saugnäpfe hinzukommen. Es deckt sich diese Erklärung vollkommen mit der allgemein acceptirten Anschauung, nach welcher die Hals- und Lenden-Anschwellung des Rückenmarks durch die von den beiden Extremitätenpaaren geforderte grössere Menge von Nervenwurzeln bedingt wird.

Noch eine zweite Thatsache der Anatomie des Rückenmarks reproducirt sich auch in der nervösen Axe: das Volumen der weissen Substanz nimmt auf den Querschnitten von der Basis bis zur Spitze des Armes continuirlich ab, — offenbar aus dem gleichen Grunde wie im Rückenmark, weil, je

weiter man gegen das Ende (des Rückenmarkes oder der nervösen Axe) vordringt, der durch die weisse Substanz mit den höheren Nervencentren in Verbindung stehende Körpertheil beständig kleiner wird und ein beständig geringer werdendes Nervengebiet in der weissen Substanz repräsentirt zu werden braucht.

Dagegen möchte es — auf den ersten Blick wenigstens — auffallend erscheinen, dass (wie ein Vergleich von Fig. 8 mit Fig. 6 zeigt) die graue Substanz an der Spitze des Armes quantitativ ganz so mächtig entwickelt ist wie an der Basis, während die dünne Armspitze doch viel weniger Nerven zu ihrer Versorgung brauchen sollte als die starke Basis. Doch ist es nicht schwer, eine ausreichende Erklärung für diesen scheinbaren Widerspruch zu finden: Offenbar hat die dünne Armspitze eine ganz andere Funktion als die starke Basis; sie ist vorzugsweise Tastorgan, während die mechanischen Leistungen des Armes ausschliesslich in der muskelkräftigen Basis ihren Sitz haben. Wenn daher auch die Spitze des Armes sehr viel weniger motorische Nervenfasern verbraucht, so hat sie dafür desto mehr sensitive Nervenfasern nöthig und es begreift sich leicht, dass der Ueberschuss an letzteren den Ausfall der ersteren vollkommen compensiren kann. Offenbar mit diesem Verhältniss hängt die charakteristische Verschiedenheit der Ganglienzellen der Armspitze von denen der Basis zusammen. Die ersteren sind fast durchweg äusserst klein und ihr Ensemble hat sehr grosse Aehnlichkeit mit der Körnerschicht des Kleinhirns oder der Retina. An der Basis hingegen finden sich vorzugsweise grosse Ganglienzellen mit deutlichem Kern. Es scheint also, als ob auch innerhalb des Molluskentypus dasselbe Verhältniss stattfindet wie bei den Wirbelthieren, dass nämlich die sensiblen Zellen stets kleiner gebildet sind wie die Ursprungszellen der centrifugalen Nervenfasern.

Während die nervöse Axe, als nervöses Centralorgan betrachtet, mehrere höchst bemerkenswerthe anatomische Uebereinstimmungen mit dem Rückenmark zeigt, fehlen solche durchaus für die von ihr ausgehenden Nerven, für welche sich keinerlei derartige Beziehungen mit den Rückenmarksnerven nach-

weisen lassen. Die peripherischen Nerven entspringen von der nervösen Axe während ihres ganzen Verlaufes, reichlicher von den Anschwellungen, aber auch von den Einschnürungen. Ihre Ursprungsweise ist sehr inconstant; das einzige constante Factum ist, dass sie stets aus dem moleculären Theil der grauen Substanz hervorgehen und daher, um an die Oberfläche der nervösen Axe zu gelangen, die Ganglienzellenschicht durchsetzen. Vorzugsweise entspringen sie (wie in Fig. 6 und 8) aus den beiden Winkeln des Hufeisens; doch sieht man nicht selten die Nervenfasern auch näher an der Oeffnung des Hufeisens aus der moleculären Substanz heraustreten. Meist entspringen die Nerven einzeln, jedoch nicht selten auch finden sich zwei oder drei Nerven, die ganz dicht zusammen die nervöse Axe verlassen. Von einem Entspringen mit gesonderten Wurzeln wie im Rückenmark ist niemals etwas zu sehen, wie überhaupt auf den Querschnitten der nervösen Axe nichts von einer Scheidung oder Localisirung der motorischen und sensiblen anatomischen Elemente nachzuweisen ist. Ja, es scheint in Bezug auf Anzahl und Modus der Nervenursprünge nicht einmal auf beiden sonst bilateral symmetrischen Seiten der nervösen Axe eine Uebereinstimmung vorzuliegen.

Die peripherischen Nerven durchsetzen den mit lockerem Bindegewebe ausgefüllten Zwischenraum zwischen nervöser Axe und der Muskelwand des Armes und dringen in die letztere ein, innerhalb deren sie sich theilen und so schliesslich dem Auge entziehen. Zu den Saugnäpfen und zu der Haut gelang es nur sehr selten besondere Nervenstämmchen durch die Armmusculatur hindurch zu verfolgen. Ueber ihre Endigung in den Muskelfasern des Armes, der Saugnäpfe oder der Haut gelang es nicht, irgend etwas Bestimmtes zu ermitteln. Doch scheint eine Thatsache vollkommen sicher, dass nämlich diese ganze peripherische Nervenverästelung keine Ganglienzellen enthält, dass in dem Kephalopodenarm ausser in der nervösen Axe keine Nervenzellen mehr enthalten sind und dass die von der nervösen Axe ausgehenden peripherischen Nerven ganz direct und ohne Dazwischenkunft periphe-

rischer Ganglienzellen in den contractilen Elementen oder in den Sinnesepithelien des Armes endigen.

6. Physiologische Versuche und Schlussfolgerungen.

Nach den soeben gegebenen Aufschlüssen sind nunmehr die in der Einleitung erwähnten Thatsachen nicht mehr auffallend. Wenn der Arm des Kephalopoden nicht bloss einen centralen Nerven, sondern ein wirkliches nervöses Centralorgan besitzt, das die allergrössten Uebereinstimmungen mit dem Rückenmark der Wirbelthiere zeigt, so hat sich Niemand darüber zu verwundern, wenn ein solcher abgeschnittener Arm sich ebenso zweckmässig benimmt, wie ein enthaupteter Frosch oder ein abgeschnittener Aalschwanz. Auch wird die Thatsache verständlich, wie ein solcher Arm sich loslösen und mit einer Patrontasche von Samen versehen als Hectocotylus selbstständig auf die Frei gehen kann.

Uebrigens übertrifft der Kephalopodenarm die beiden eben erwähnten kaltblütigen Wirbelthiere erheblich an Vitalität. Seine nervöse Axe behält ihre Erregbarkeit viel länger als das Rückenmark des Frosches oder des Aales, und die Muskelcontractionen erfolgen auch noch ganz lange Zeit nach der Abtrennung des Armes mit unverminderter Energie. Diese Eigenschaften sind unschätzbar für den experimentellen Physiologen, der an dem Rückenmark der kaltblütigen Wirbelthiere in der so leicht erschöpften Erregbarkeit dieses Organs beständig ein Hinderniss oder eine Fehlerquelle für seine Versuche berücksichtigen muss. Die Erregbarkeit des Kephalopodenarmes ist hingegen scheinbar unerschöpflich; wenigstens kann man eine Stunde lang und noch mehr an ein und demselben abgeschnittenen Arm herumexperimentiren ohne ihn zu ermüden und man kann — was sehr wichtig ist — die einzelnen Versuche beliebig oft hinter einander wiederholen, um so durch die stets sich gleichbleibenden Erfolge sich der constanten Versuchsergebnisse zu vergewissern und sie von zufälligen und unzuverlässigen Einzelbeobachtungen zu unterscheiden.

Die erste Frage, welche experimentell in Angriff genommen

wurde, war diese: Welchen Erfolg hat die elektrische Reizung des centralen Stumpfes der nervösen Axe? Zu diesem Zwecke wurden einige Centimeter der nervösen Axe an der Basis eines abgeschnittenen Kephalopodenarmes freipräparirt und auf ein Paar Elektroden gebreitet, durch welches jeden Augenblick auf beliebige, längere oder kürzere Zeit der tetanisirende Strom eines du Bois'schen Schlitteninductoriums geleitet werden konnte.

Der Erfolg dieser Versuche war stets ein positiver: stets trat in Folge der elektrischen Reizung eine Muskelcontraction ein und zwar sowohl eine Contraction der Armmusculatur wie der Saugnäpfe und auch derjenigen Muskeln, welche schon die in der Haut gelegenen Chromatophoren inseriren und bei ihrer Contraction die weissliche Farbe der Haut in ein tiefes Braun verwandeln. Stets waren also bei diesen Experimenten drei Erscheinungen zu beobachten: 1) die Bewegungen des Armes 2) die Action der Saugnäpfe, und 3) die Farbenveränderung der Haut.

Nun war es im höchsten Grade bemerkenswerth, dass bei den ausserordentlich oft wiederholten Experimenten doch fast niemals eine Constanz der Resultate zu erzielen war in dem Sinne, dass der wiederholten Reizung auch immer der gleichartige Erfolg entsprochen hätte: ein Erfolg trat, wie schon gesagt, jedesmal nach der Reizung ein, aber meist ein wechselnder, indem bei den verschiedenen Reizungen die drei oben erwähnten Factoren (die Bewegung des Armes, die Action der Saugnäpfe und die Farbenveränderung) stets in verschiedenen Verhältnissen zusammentraten und so stets verschiedenartige Symptomencomplexe bedingten.

So trat z. B. im ersten Versuche eine sehr energische Bewegung des ganzen Armes, Action einiger weniger Saugnäpfe und eine nur sehr geringfügige Farbenveränderung ein. Bei der nächsten Wiederholung färbte sich der ganze Arm tiefbraun, blieb aber verhältnissmässig unbewegt; die in dem ersten Versuche thätig gewesenen Saugnäpfe functionirten diesesmal nicht, dafür aber andere. Oder die Färbung des Armes beschränkte sich auf einen bestimmteu Abschnitt, der bei der nächsten Wieder-

holung des Versuches jedoch wechselte, ebenso unberechenbar wie in einem Versuche allein die Saugnäpfe der Basis und im nächstfolgenden allein die der Spitze sich contrahirten. Sehr selten nur gelang es, einen und denselben Symptomencomplex sich genau wiederholen zu sehen; es war dieses nur möglich, wenn in beiden Versuchen die Stromstärke dieselbe geblieben war und der Nerv nicht die geringste Verschiebung auf den Elektroden erlitten hatte. Sobald in dieser Rücksicht die Versuchsbedingungen auch nur die allergeringste Veränderung erlitten hatten, gelang es niemals wieder, denselben Symptomencomplex hervorzurufen, sondern das durch das Zusammentreten der drei erwähnten Factoren bedingte Gesammtresultat des Versuches war stets ein ungleichartiges.

Wenn man diese Versuche oft hinter einander wiederholt und sich jedesmal überzeugt, dass auf die elektrische Reizung des centralen Stumpfes der nervösen Axe zwar jedesmal ein positives Resultat, wenn auch in beständig wechselnder Form erfolgt, so drängen sich dem Experimentator schliesslich mit grosser Unmittelbarkeit gewisse einfache physiologische Ueberlegungen auf, welche geeignet sind, den scheinbaren Widerspruch befriedigend aufzulösen, welcher zwischen der unbestreitbar vorhandenen elektrischen Erregbarkeit der nervösen Axe und der stets wechselnden Form ihrer Reaction besteht.

Zunächst ist es klar, dass der Experimentator niemals in der Lage sein kann, die natürliche Willensinnervation des Thieres nachzuahmen, welche von den grossen Ganglien des Kopfes zu der nervösen Axe geht und dabei ihren Weg wahrscheinlich durch die weisse Substanz nimmt. Das Thier innervirt stets nur ganz bestimmte Fasern und Fasergruppen der weissen Substanz, während es die unmittelbar daneben liegenden völlig unerregt lässt. So ist das Thier in der Lage wirklich jedesmal ganz bestimmte Bewegungen zu reiner Ausführung zu bringen. Eine solche isolirte Innervation mit stets gleichbleibendem Resultat ist aber der Experimentator künstlich nachzuahmen ausser Stande: er reizt stets sämmtliche Nervenfasern der weissen Stränge und zwar mit Strömen, deren Intensität für jede einzelne Nervenfaser verschieden ist, ja auch für die-

selbe Nervenfaser in zwei aufeinanderfolgenden Experimenten fast niemals constant zu erhalten ist. Unter diesen Umständen muss es gänzlich unberechenbar sein, welche Form des Erfolges auf die einzelne Reizung einzutreten haben wird. Man kann in dem ersten Experiment einen ganz bestimmten charakteristischen Symptomencomplex erhalten, der bei der zweiten Reizung gänzlich ausbleiben und bei einer dritten in einen völlig entgegengesetzten verwandelt sein kann, weil bei der zweiten Reizung vielleicht antagonistische Nervenfasern in gleicher Stärke mitgereizt wurden und weil bei der dritten endlich die Reizung der antagonistischen Fasern die der zuerst gereizten gar überwog.

Zweitens ist zu berücksichtigen, dass, wie die anatomische Untersuchung unzweifelhaft dargethan hat, die weissen Stränge der nervösen Axe niemals direct die Muskelfasern des Armes, der Saugnäpfe oder der Haut innerviren, sondern stets erst nach der Durchsetzung von grauer Substanz und von Ganglienzellen. Es ist aber vollkommen illusorisch, anzunehmen, dass die Innervation sich durch jede Ganglienzelle ohne Widerstand oder auch nur mit dem gleichem Widerstande fortflanzen müsse; es ist vielmehr viel wahrscheinlicher, dass die lebendigen und vollkommen erregbaren Ganglienzellen der Fortpflanzung der Innervation einen individuellen, ja vielleicht sogar einen beliebigen (d. h. von dem „Willen“ der Zelle abhängigen) Widerstand entgegensetzen können. Sobald aber dieser Vorstellung ihre Berechtigung zugestanden wird, ist die Thatsache, dass die Reizung der weissen Stränge von stets wechselndem Erfolge begleitet wird, nicht mehr schwer zu erklären.

Es ist zu hoffen, dass diese beiden Ueberlegungen auch dann zur Geltung kommen werden, sobald wieder ein Untersucher die verwickelte und unerquickliche Frage nach der Erregbarkeit der vorderen Rückenmarksstränge zu behandeln unternimmt. Wahrscheinlich wird sich in dieser ein Einvernehmen unter den Physiologen ohne Schwierigkeit erzielen lassen, wenn man nicht mehr, wie bisher. das Dilemma stellt, ob diese Stränge erregbar seien oder nicht, sondern wenn man die natürlichen Ursachen aufzufinden strebt, weshalb nach ihrer

Reizung der Erfolg entweder ausbleibt oder doch eine beständig verschiedene Form annimmt. Das Problem hat eine zu grosse Analogie mit dem soeben behandelten der nervösen Axe, als dass es nicht mit gleichen oder doch mit ähnlichen Mitteln zu lösen sein sollte.

Aehnlich nahe Berührungspunkte zwischen der Physiologie des Kephalopodenarmes und der Wirbelthiere, wie sie eben angedeutet wurden, existiren auch noch in Bezug auf eine zweite am Kephalopodenarm unternommene Versuchsreihe. Während die bisher mitgetheilten Untersuchungen dazu dienten ein neues Licht auf die Physiologie des Rückenmarks zu werfen, erweitern die jetzt zu berichtenden Versuche die Vorstellungen über die eigene Irritabilität der Muskelsubstanz.

Diese Vergleiche beziehen sich auf die Action der Saugnäpfe. Wenn man mit dem Finger den freien Rand eines Saugnapfes berührt, so tritt dieses Organ sofort in ganz bestimmter Weise in Function: die Muskelwand des Haftraumes schmiegt sich an die dargebotene Oberfläche hermetisch an und die Muskelwand des Saugraumes zieht sich kräftig zusammen.

Jedem unbefangenen physiologisch gebildeten Beobachter wird dieser Vorgang als ein einfacher Reflexvorgang erscheinen: die sensitiven Nerven haben die Berührung nach dem Centralorgan der nervösen Axe geleitet und dort auf reflectorischem Wege die Contraction der Muskeln des Saugnapfes ausgelöst.

Es schien interessant zu versuchen, wie ein Saugnapf sich benimmt, wenn er zwar gereizt wird, sich aber doch nicht ansaugen kann. Sticht man einen Saugnapf mit einer feinen Nadelspitze, so erfolgt ganz dieselbe Reihe von Bewegungen wie bei der Berührung durch den Finger, aber natürlich fruchtlos. Die Muskeln des Haftraumes bewegen sich, als wenn sie die Nadelspitze umschliessen wollten, und der Saugraum erweitert sich ganz als wenn durch den Haftraum wirklich ein hermetischer Verschluss hergestellt wäre. Auch dieser Versuch scheint durchaus mit der Idee einer Reflexaction vereinbar.

Nun ist es eine höchst merkwürdige Thatsache, dass diese Function der Saugnäpfe in vollkommen gleicher Weise auch

dann eintritt, wenn von einer Reflexaction absolut die Rede nicht sein kann, nämlich an Kephalopodenarmen, aus denen die nervöse Axe völlig herausgeschnitten wurde oder an einzelnen abgetrennten Saugnäpfen. Auch diese saugen sich noch an, wenn auch mit sehr verminderter Kraft. Die Bewegungen des Haftraumes und des Saugraumes finden aber ganz in der oben beschriebenen Weise statt.

Diese Thatsache schliesst sich in sehr befriedigender Weise an an verschiedene neuere Beobachtungen über die Physiologie muskulöser Organe.

Engelmann[1]) hat nachgewiesen, dass die Bewegungen des Ureter unabhängig vom Nervensystem erfolgen, ja dass der ganze Ureter sich stets ganz so verhält, wie sich eine einzige hohle Muskelfaser unter denselben Umständen verhalten würde.

Auch Cohnheim[1]) ist dazu gelangt, die Ursachen der physiologischen und pathologischen Erweiterung und Verengerung der Arterien direct in den Reizzuständen des Muskelrohres und nicht im Nervensystem zu suchen.

Der oben mitgetheilte Versuch hat gezeigt, dass selbst ein so complicirt gebautes muskulöses Organ wie der Saugnapf auch dann noch functionirt, wenn es nicht mehr mit Ganglienzellen in Verbindung steht und dass es sich — nach dem glücklichen Ausdrucke von Engelmann — vollkommen so benimmt, wie sich eine einzige ebenso gestaltete Muskelfaser unter gleichen Umständen benehmen würde.

Rom, 4. März 1876.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Durchschnitt eines Armes von Eledone moschata, dicht an der Basis, 7mal vergr. B_1 innere (mit Saugnäpfen besetzte), B_2 äussere, freie Fläche. A_1 A_2 die beiden Seitenflächen.

Fig. 2. Durchschnitt desselben Armes an der Spitze, 7mal vergr. B_1 B_2 A_1 A_2 wie in Fig. 1.

---

1) Zur Physiologie des Ureter. — Pflüger's Archiv II. S. 243. 1869.
2) Neue Untersuchungen über die Entzündung. S. 25. 1873.

Fig. 3. Durchschnitt durch die Basis eines Armes von Eledone moschata, um das Verhältniss des Saugnapfes zur Armmusculatur zu zeigen, 7 mal vergr.

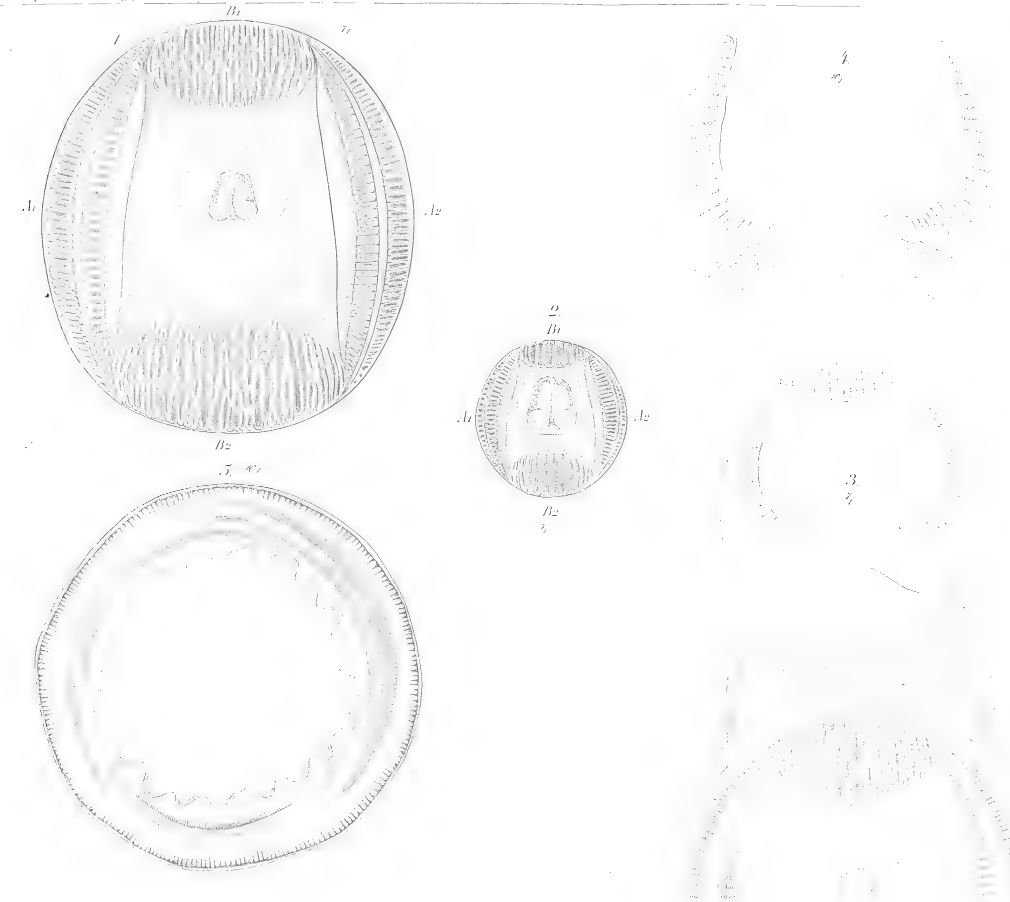
Fig. 4. Längsdurchschnitt durch einen Saugnapf, 10 mal vergr.

Fig. 5. Querdurchschnitt durch den Haftraum eines Saugnapfes, 10 mal vergr.

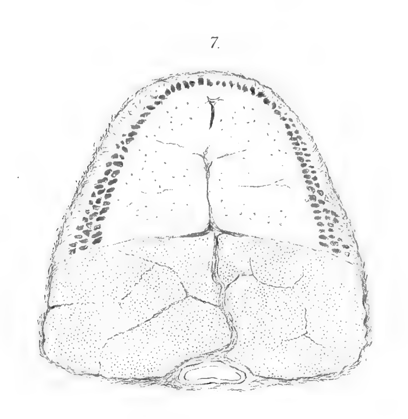
Fig. 6. Durchschnitt durch die nervöse Axe eines Armes von Eledone moschata, 70 mal vergr.; der Schnitt ist durch eine der Anschwellungen geführt worden.

Fig. 7. Dasselbe. Der Schnitt ist durch eine der Einschnürungen an der Basis geführt worden.

Fig. 8. Dasselbe. Der Schnitt ist durch eine der Anschwellungen an der Spitze geführt worden.



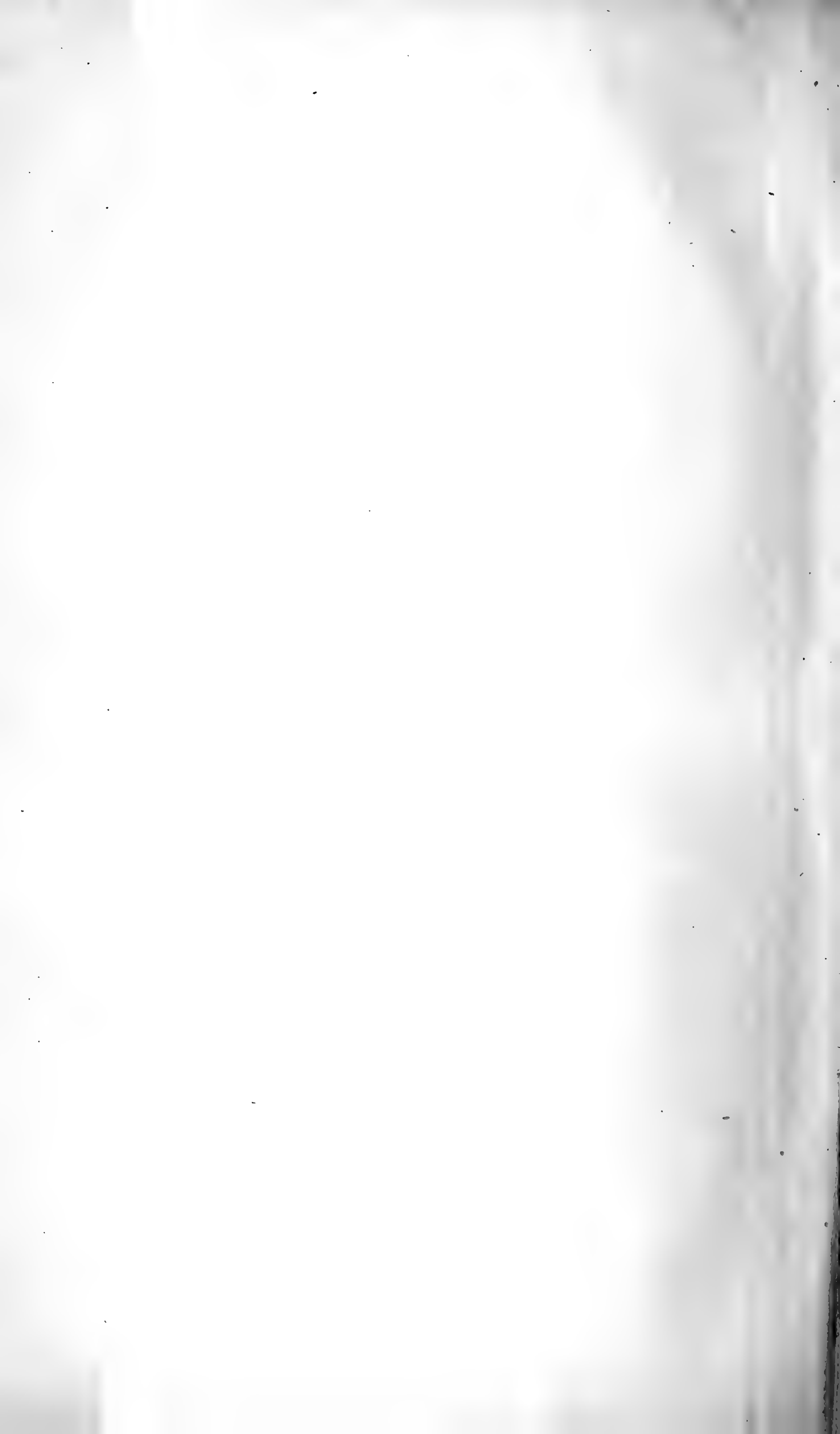
F. Boll del. W. Grohmann sc.



6.

8.

F. Boll del. W. Grohmann sc.



Uebersicht der neuen Untersuchungen über Entwickelung, Bau und physiologische Verhältnisse der elektrischen und pseudoëlektrischen Organe.

Von

A. Babuchin.

Hierzu Taf. XI u. XII.

Im Jahre 1869 habe ich gefunden und 1870 publicirt, dass die von Max Schultze sogenannten elektrischen Platten bei Torpedo keineswegs nervöser Natur sind, sondern sich aus Muskelfasern bilden, und dass die Nervenfaserverzweigungen (resp. das Nervennetz) nichts Anderes, als sehr entwickelte motorische Endplatten sind. Dieser Homologie wegen nannte ich damals das Nervennetz „elektrische Platte".

Im Jahre 1872 habe ich wieder im „Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften" in einer vorläufigen Mittheilung bekannt gemacht, dass auch die pseudoëlektrischen Organe bei Mormyrus und bei den Rochen, wo die Verhältnisse besonders klar sind, sich in derselben Weise entwickeln, wie bei Torpedo.

Ungeachtet dieser Mittheilungen schreibt Darwin von 1859 bis zu diesem Moment, dass die Entstehung der elektrischen Organe ein Räthsel sei. Wiederholt erklärt er: „Die elektrischen Organe der Fische bieten (in Bezug auf seine Theorie) einen Fall von besonderer Schwierigkeit dar; denn es ist unmöglich, sich vorzustellen, durch welche Abstufungen die Bildung dieser wundersamen Organe bewirkt worden sein mag."[1])

1) Origin of Species. „Ueber die Entstehung der Arten." Uebersetzt von Bronn. Nach der sechsten englischen Auflage berichtigt von Carus, 1876. Cap. 6. — Fälle von besonderer Schwierigkeit in Bezug auf die Darwin'sche Theorie. — (S. 215.)

Nachdem er eine von vertrauenswürdigen und hervorragenden Specialisten nicht für richtig erkannte Beobachtung erwähnt hat, wonach die Muskelcontraction von einer der Entladung des elektrischen Organes vergleichbaren elektrischen Erscheinung begleitet sein soll, fährt Darwin fort: „Diese Organe scheinen aber auf den ersten Blick noch eine andere und weit ernstlichere Schwierigkeit darzubieten; denn sie kommen in ungefähr einem Dutzend Fischarten vor, von denen mehrere verwandtschaftlich sehr weit von einander entfernt sind. Wenn ein und dasselbe Organ in verschiedenen Gliedern einer und derselben Klasse, und zumal bei Formen mit sehr auseinander gehenden Gewohnheiten auftritt, so können wir gewöhnlich seine Anwesenheit durch Erbschaft, von einem gemeinsamen Vorfahren, und seine Abwesenheit bei anderen Gliedern durch Verlust, in Folge von Nichtgebrauch oder natürlicher Zuchtwahl, erklären. Hätte sich das elektrische Organ von einem alten, damit versehen gewesenen Vorgänger vererbt, so hätten wir erwarten dürfen, dass alle elektrischen Fische auch sonst in näherer Weise mit einander verwandt seien; dies ist aber durchaus nicht der Fall. Nun giebt auch die Geologie durchaus keine Veranlassung zu glauben, dass vordem die meisten Fische mit elektrischen Organen versehen gewesen seien, welche ihre modificirten Nachkommen eingebüsst hatten. Betrachten wir uns aber die Sache näher, so finden wir, dass bei den verschiedenen, mit elektrischen Organen versehenen Fischen, diese Organe in verschiedenen Theilen des Körpers liegen, dass sie im Bau, wie in der Anordnung der verschiedenen Platten und nach Pacini in dem Vorgang oder den Mitteln, durch welche Elektricität erregt wird, von einander abweichen, endlich auch darin, dass die nöthige Nervenkraft (und dies ist vielleicht unter allen der wichtigste Unterschied) durch Nerven von weit verschiedenen Ursprüngen zugeführt wird.

Es können daher bei verschiedenen Fischen, die mit elektrischen Organen versehen sind, diese nicht als homolog, sondern nur als analog in der Function betrachtet werden. Folglich haben wir auch keinen Grund, anzunehmen, dass sie von einer gemeinsamen Stammform vererbt werden; dann wäre

dies der Fall, so würden sie einander in allen Beziehungen gleichen. Die grössere Schwierigkeit zu erklären, wie ein allem Anschein nach gleiches Organ in mehreren, entfernt von einander verwandten Arten auftrat, verschwindet; es bleibt uns die geringere, aber immer noch grosse, durch welche allmähliche Zwischenstufen diese Organe sich in jeder der verschiedenen Gruppen von Fischen entwickelt haben."

Weiter äussert sich Gegenbauer in seinem „Grundriss der vergleichenden Anatomie" 1874 (S. 520) über elektrische Organe ganz entschieden: „Ob sie in genetischem Zusammenhange mit Muskeln stehen oder nicht, ist unbekannt." Er fügt aber die elektrischen Organe den Muskeln bei, „weil die Nerven auch in ihrer Endigungsweise mit jenen der motorischen Nerven in den Muskelfasern übereinkommende Verhältnisse darbieten".

Dagegen erlaube ich mir zu bemerken, dass die Classification der Organe nach einem einzigen Merkmal ziemlich gefährlich ist. Danach gälte die Regel, dass die Organe und auch Körpertheile, bei denen die Nervenendigungen entsprechende Verhältnisse darbieten, analog, homolog u. s. w. sind. Aber vor Kurzem ist entdeckt worden, dass auch in den Sehnen Endplatten existiren, welche beinahe ganz aussehen, wie die grossen motorischen Platten. Zwar hat im vorigen Jahre ein Forscher dahin sich geäussert, dass die Muskelfasern nichts Anderes als Bindegewebzellen sind. Aber ein solches Streben zur Verallgemeinerung fördert am Ende die Wissenschaft in Nichts, und ist mehr leidenschaftlicher, als wissenschaftlicher Natur.

Weiter möchte ich fragen, welche übereinstimmenden Verhältnisse die elektrischen Organe von Malopterurus mit den Muskeln darbieten. In diesem Fall könnte man sagen, dass die elektrischen Organe des Malopterurus darum den Muskeln beigesellt werden müssen, weil sie mit keinem einzigen Organ im ganzen Thierreich übereinkommen.

Es ist wahr, dass W. Krause vor einigen Jahren sich dahin ausgesprochen hat, dass die motorischen Platten wie die elektrischen wirken sollen. Aber diese Meinung war nicht die

Folge von eingehenden wissenschaftlichen Untersuchungen, vielmehr stützte sie sich auf zwei ganz falsche Gründe. Erstens hat W. Krause sich durch Prof. Meissner's Endeckung verführen lassen, wonach die Muskeln bei der Contraction in einem gewissen Momente eine positive Schwankung ihres Stromes zeigen. Aber Prof. du Bois-Reymond hat nachgewiesen, dass diese Entdeckung Meissner's, obschon ihr eine richtige Thatsache zu Grunde liegt, doch auf unrichtiger Deutung der Erscheinungen beruhte.[1]) Zweitens hat W. Krause eine falsche Vorstellung von motorischen Platten gehabt; er glaubte, dass sie Säckchen darstellen, in welche die motorischen Fasern eindringen. In Folge dessen schienen sie ihm den elektrischen Endkörpern (resp. Platten) bei Malopterurus sehr ähnlich zu sein, von welchen er, wie damals überhaupt die Gelehrten, keinen richtigen Begriff hatte. So kam es, dass er das Unbekannte durch Vergleichung mit einem anderen Unbekannten erläutern wollte. Uebrigens hat W. Krause den Bau der motorischen Platten (einige Nebensachen ausgenommen) früher und richtiger als viele Andere erkannt.

Meiner Meinung nach ist vor Allem die Entwickelungsgeschichte berufen, in wissenschaftlicher Weise Aufschluss über die Stellung zu geben, welche die elektrischen Apparate unter anderen Organen einnehmen sollen, und das zu erklären, was sogar dem scharfsinnigen Darwin unerklärbar blieb. Es ist dies auch vielleicht der einzige Weg, die alte, phantastische Ansicht von der Analogie der elektrischen Organe und der Muskeln, eine Ansicht, welche sich im Grunde nur auf die gleiche Abhängigkeit der Muskeln und der elektrischen Organe von den Nerven stützte, zu verwirklichen, und die Voraussetzung zur Thatsache zu erheben. Trotzdem ist meine Arbeit über die Entwickelung der elektrischen Organe, wie aus oben Gesagtem zu ersehen, hervorragenden Biologen der Gegenwart so gut wie unbekannt geblieben.

Prof. du Bois-Reymond hat die Ergebnisse meiner mühsamen, gewissenhaften Untersuchungen mit den unbegründeten Voraussetzungen von W. Krause verwechselt und glaubt,

1) Dies Archiv, 1873. S. 564 ff.

dass ich schon zu weit gehe, wenn ich elektrische Organe als metamorphosirte Muskeln betrachte oder als Muskeln, aus welchen die contractile Substanz ausgezogen ist.[1])

In seinem „Handbuch der menschlichen Anatomie“ 1876, gedenkt W. Krause meiner Untersuchungen vorübergehend mit den Worten: „Auch aus der Entwickelungsgeschichte leitet Babuchin eine Homologie der elektrischen und motorischen Endplatten“ ab u. s. w., fügt aber hinzu: „wenn das wahr ist“. (!)

Unterdessen sind die neuen Untersuchungen von Prof. de Sanctis über die Entwickelung der elektrischen und pseudoëlektrischen Organe erschienen.[2])

Die Ergebnisse von Prof. de Sanctis weichen von den meinigen sehr ab; da aber die Arbeit von de Sanctis viel später als meine Mittheilungen erschienen ist, so könnte es geschehen, dass Nichtspecialisten jene für die richtigere hielten, um so mehr, als dieselbe von der Neapolitanischen Akademie prämiirt worden ist. Dies veranlasst mich, meine

---

1) An dieser Verwechselung trage ich übrigens selbst die Schuld. Meine Mittheilungen von 1869 und 1872 habe ich abschreiben lassen müssen und war unglücklicherweise verhindert diese Abschrift vor dem Druck durchzusehen, so dass sich dabei zuweilen sinnentstellende Fehler eingeschlichen haben, die ich im „Centralblatt“ (1875) in einer Berichtigung theilweise angeführt habe.

[Ich glaube mich einer Verwechselung der Art, wie der Hr. Verfasser sie mir vorwirft, nicht schuldig gemacht zu haben, und auch das Urtheil, Hr. Babuchin gehe zu weit in seinen Aufstellungen, habe ich nicht gefällt, sondern rein thatsächlich berichtet: „Hr. Krause . . . betrachtet die Einerleiheit der Endplatten mit den elektrischen Platten als ausgemacht, und die Zurückführung der verschiedenen Formen der Endplatten auf dasselbe Schema bietet ihm keine Schwierigkeit. Hr. Babuchin geht auf Grund embryologischer Forschungen an Torpedo so weit, dass er das elektrische Organ einen Muskel nennt, aus dem die Muskelsubstanz entfernt sei“. (Experimentalkritik der Entladungshypothese über die Wirkung von Nerv auf Muskel. Monatsberichte der Akademie u. s. w. 1874. S. 523.) Die Hrn. Babuchin zugeschriebene Meinung ist buchstäblich seinem Aufsatz im Centralblatt 1870, S. 259, entlehnt. E. d. B.-R.]

2) Embriogenia degli organi elettrici delle Torpedine e degli organi pseudoelettrici delle Raie. 1872.

Resultate mit denen von Prof. de Sanctis hier zu vergleichen, und zu beweisen, dass er viele Entwickelungserscheinungen falsch, oder gar nicht verstanden hat, und dass man sogar sagen könnte, dass seine Arbeit, ausser einigen, die Entwickelung der äusseren Körperform betreffenden Thatsachen, mit meinen Resultaten gar nichts gemein hat.

Ich beabsichtige nicht, sein Werk in seiner ganzen Ausdehnung hier zu berücksichtigen. Ich wünsche nur, die Aufmerksamkeit der Leser auf das Wichtigste darin zu lenken und zwar auf das, was dazu dienen kann, einen richtigen Begriff von der Entwíckelung der elektrischen Organe zu geben, oder so zu sagen, die Idee und den Plan der Natur zu ermitteln, welche sie beim Bau der elektrischen Organe gehabt hat.

I. Prof. de Sanctis unterscheidet fünf Entwickelungsstufen der Torpedo:

1) *Stadio squaliforme*,
2) *Stadio raiforme*,
3) *Stadio torpediforme*,
4) *Stadio torpedinetta bianca*,
5) *Stadio torpedinetta macchiata*,

und will diese verschiedenen äusseren Formen mit der Histogenesis der elektrischen Organe in zeitlichen Zusammenhang bringen.

II. Er behauptet, dass im ersten Stadium, dass heisst, wenn die embryonalen Kiemenbogen, (welche er *setti interbranchiali*, Kiemenscheiden, nennt), noch aus indifferenten Zellen zusammengesetzt und durch von aussen nach innen gehende Spalten von einander getrennt sind, noch keine Spur von einer etwaigen Anlage der elektrischen Organe zu sehen sei. Er sah aber, dass schon in diesem Stadium in den Kiemenbogen die Bündel von Nervenfibrillen, welche vom Centralnervensystem ausgehen, nach aussen streben und dort endigen.

III. Zweites Stadium, — *stadio raiforme*, nennt de Sanctis die Entwickelungsstufe, wo die Spalten zwischen den Kiemenbogen verschwinden, indem sie vom Derma überzogen werden, und nur auf der Bauchseite fünf Löcher zurückbleiben, aus

welchen äussere oder provisorische Kiemen, — nach de Sanctis *filamenti branchiali decettori*, — als rothe Fäden heraushängen. In Folge dessen sind anstatt Kiemenspalten und interbranchialer Scheiden nur auf einander folgende Furchen und Wülste zu sehen, oder, — wie de Sanctis sich ausdrückt — die ganze Regio branchialis erscheint zackenförmig. Dieses Stadium hält de Sanctis für sehr wichtig, weil die elektrischen Organe erst hier zum Vorschein kommen.

An senkrechten Schnitten der Regio branchialis des Embryo sieht man unter dem Mikroskop Rudimente der *Colonne* oder *cilindretti elettrici.* Diese *Colonne* befinden sich nur an den Stellen, welche den *setti interbranchiali* entsprechen, dort aber, wo das embryonale Gewebe die interbranchialen Säcke von aussen begrenzt, fehlen die *Colonne* ganz und zwar nach der Ansicht von de Sanctis aus dem Grunde, weil hier nicht genug Raum für die Bildung derselben vorhanden ist. Die Zellen, aus welchen die *Colonne* bestehen, unterscheiden sich in nichts von den sie umgebenden embryonalen Zellen, ausser darin, dass sie dichter an einander gedrängt sind und eine mehr compacte Masse bilden. Was aber den feineren Bau der *cilindretti* betrifft, so hält ihn de Sanctis für ein unauflösbares Geheimniss, und nur nach langer, mühsamer Arbeit hat er bemerkt, dass die gedrängten Zellen sich in einer bestimmten Richtung, der Länge der *cilindretti* nach, an einander reihen; die erste Reihe schliesst sich der zweiten von der Seite in derselben Richtung und zwar der Art an, dass die Zellen der ersten Reihe wie Zacken zwischen den Zellen der zweiten eindringen und so weiter, bis eine gewisse Anzahl von Serien der senkrechten Zellen eine *Colonna* oder einen *cilindretto elettrico* bilden. Als de Sanctis die Embryonen in 3procentiger Chromsäurelösung erhärtete und die *cilindretti* von solchen Embryonen in Natronlauge bearbeitete, sah er unter dem Mikroskop beim Druck auf das Deckgläschen die Zellen sich verlängern und einander nähern. Nach der Aufhebung des Druckes entfernten sie sich wieder vonei nander. Aus dieser nichtssagenden Beobachtung hat er den Schluss gezogen, dass die Zellen sowohl

in senkrechter als in horizontaler Richtung mit amorpher Kittsubstanz zusammengeklebt sind.

Jedes von den fünf elektrischen Nervenstämmchen, welche aus feinsten Fibrillen bestehend in der Substanz der interbranchialen Scheiden verlaufen, verzweigt sich unter den *cilindretti elettrici.* Von den grösseren Aesten lösen sich die kleineren Bündel von Nervenfibrillen ab, welche sich manchmal fächerförmig ausbreiten und in die *cilindretti* eindringen.

IV. Bei weiterer Entwickelung der elektrischen Organe und besonders im *Stadio torpediforme* spricht de Sanctis von einigen neuen Thatsachen, welche er in den *cilindretti elettrici* bemerkt hat. Er sieht in diesen *cilindretti* Zellen mit nierenförmigen Kernen, welche sehr glänzende Körnchen enthalten und mit zwei oder drei Nervenfibrillen im Zusammenhang stehen. Aus diesen sonderbaren Kernen entstehen durch Theilung zwei oder drei neue Kerne, welche aber rund sind, und ein jeder für sich nur eine einzige Nervenfibrille erhalten. Diesen Befund hält de Sanctis für ungemein wichtig; denn er glaubt, dass nur aus diesen neuen, durch Theilung entstandenen Zellen elektrische Platten (in Max Schultze's Sinne) sich bilden. Die übrigen Zellen, welche keinen nierenförmigen Kern haben, dienen zur Bildung der Gefässe, der Schwann'schen Scheiden und überhaupt des Bindegewebes. In diesem Stadium nimmt unterdessen die Zahl der *cilindretti* zu, und das elektrische Organ vergrössert sich allmählich.

V. So hat de Sanctis gefunden, woraus die *piastrini elettrici* sich zusammensetzen. Es fragt sich aber, auf welche Art und Weise sie entstehen. Er findet in den *cilindretti* keine Kraft, um diesen Prozess zu Stande zu bringen. Er ruft eine vom Thätigkeitsort entfernte Maschine zu Hülfe. Es sind die grossen Zellen, welche Verfasser Schleimzellen nennt (*cellule muciferi*), welche übrigens den Fettzellen ähnlich sind und im Derma, im Subcutangewebe und zwischen den *cilindretti* ruhelos wandern. Mit der Zeit geben sie diese zwecklosen Spaziergänge auf und dringen endlich von der Seite in die *cilindretti*, um dort Nutzen zu bringen, sogar mit Aufopferung ihres Daseins.

Durch ihr seitliches Eindringen in die *cilindretti* wirken

sie auf dieselben wie Keile und zerspalten sie in aus Zellen bestehende Scheiben. Diejenigen Zellen, welche aus den Zellen mit nierenförmigen Kernen entstanden sind, verschmelzen zu elektrischen Platten. Die übrigen aber dienen zur Bildung der Gefässe, des Bindegewebes, und anderer Nebentheile. Unterdessen schwellen die Schleimzellen mehr und mehr auf, werden durchsichtig, hydropisch. Ihre Hülle wird immer dünner und dünner. Auf diese Art entfernen sich die elektrischen Platten mehr und mehr von einander, und es entstehen zwischen ihnen mit Schleim gefüllte Räume. In diese Räume dringen die nackten, manchmal mit Kernen versehenen Nervenfasern hinein, um dort auf der Bauchseite der elektrischen Platten sich mehr und mehr zu verzweigen und mit ihren nackten Enden die bekannten engmaschigen Netze zu bilden. Man muss aber nicht vergessen, dass ausser den eben beschriebenen Nervenfasern dabei noch andere sind, welche früher mit nierenförmigen Kernen im Zusammenhange standen. Allem Anscheine nach dienen diese Fasern zur Bildung des unbekannten weitmaschigen Nervenfasernetzes, welches sich über das bekannte engmaschige ausbreitet, und in dessen Knotenpunkten die Kerne der elektrischen Platten liegen. Damit sind in den wesentlichen Punkten die elektrischen Organe fertig. Meiner Meinung nach beweist diese Schöpfungsgeschichte der genannten Organe nur, dass es unmöglich ist, eine wissenschaftliche Forschung zu einem gewissen Preise und zu einer bestimmten Frist zu bestellen, und dass die Akademien mit ihren Aufgaben und Preisen auf die gesunde Entwickelung der Wissenschaft mehr schädlich als nützlich wirken.

Hat die neapolitanische Akademie für ihren Preis etwas Belehrendes bekommen?

Diese Frage wird von selbst gelöst, wenn ich die Angaben von Prof. de Sanctis eingehender beurtheile, und mit den Ergebnissen meiner eigenen Arbeit über denselben Gegenstand vergleiche. Damit meine ich aber nicht, dass ich die längst versprochene Monographie über elektrische Organe überhaupt hier niederschreiben will; seit zwei und einem halben Jahre verhinderte mich der Zustand meiner Gesundheit mein Ver-

sprechen zu erfüllen. Ich will hier, wie ich schon oben gesagt habe, nur über die wesentlichsten Entwickelungserscheinungen berichten, damit die Leser eine richtige Anschauung von den elektrischen Organen und ihren Bestandtheilen bekommen. Ich werde nicht den von Prof. de Sanctis gestellten Entwickelungsstufen streng folgen, was er für sehr wichtig hält. Diese Stadien sind wirklich wichtig, wenn man die Bildung der äusseren Körperformen des Embryo, nicht aber, wenn man histogenetische Erscheinungen bei der Entstehung der elektrischen Platten und Prismen studirt. In der That trifft man bei allen Embryonen bis zum Anfang der Zeit, wo die elektrischen Platten im Begriff sind, sich vollständig auszubilden, die primitiven elektrischen Säulchen auf verschiedenen Stufen ihrer Entwickelung. In Folge dessen entsprechen die verschiedenen Entwickelungsstufen der elektrischen Säulchen gar nicht den so streng begrenzten, von de Sanctis aufgestellten äusseren Formen des Embryo.

Wenn überhaupt bei der Beschreibung der Entwickelung Perioden aufgestellt werden müssen, so ziehe ich vor, in der Entwickelung der elektrischen Organe drei Perioden zu unterscheiden:

I) Allererste Anlage der elektrischen Lappen, der elektrischen Nervenstämme und der primitiven elektrischen Säulchen.

II) Entstehung des Plattenbildners unter fortwährender Zunahme der elektrischen Säulchen mit ihren Hauptbestandtheilen.

III) Ausbildung der elektrischen Platten (von Max Schultze), des metasarkoblastischen Gliedes (von mir) und Entstehung des Pseudonetzes.

In der ersten Periode kann man betreffs der Entwickelung der Bestandtheile der elektrischen Organe sammt den Lappen ganz ungezwungen drei Phasen unterscheiden: die erste, wo die Kiemenbogen durch und durch aus embryonalen indifferentem Gewebe bestehen und von aussen mit Epithel überzogen sind; die zweite Phase, wo die primitiven Nervenstämmchen in den Kiemenbogen erscheinen, und die erste Anlage der elektrischen Lappen zu sehen ist; die dritte Phase, wo die

Entstehung der primitiven elektrischen Säulchen bemerkbar wird.

In dem Abschnitt des Medullarrohrs, wo später die elektrischen Lappen entstehen, wird der Centralcanal breiter, bleibt aber von allen Seiten geschlossen; die Bauchwand ist dicker als die Dorsalwand. Aus der Bauchwand zu beiden Seiten der Medianlinie entstehen faltenförmige gegen die Dorsalwand gerichtete Hervorragungen, welche aus cylinder- oder spindelförmigen Zellen zusammengesetzt sind. Mit der Zeit verlieren die rudimentären elektrischen Lappen dieses faltenförmige Aussehen. Die Zellen theilen sich in mehr oder weniger runde Zellen, ihr Protoplasma schickt nach aussen Fortsätze, welche am Entstehungspunkte konisch sind, bald aber in ungemein dünne Fibrillen übergehen (künftige Axencylinder). Diese Fibrillen gehen durch die Seitenwände des Medullarrohrs und vereinigen sich bei ihrem Ausgange aus der Centralnervenmasse zu fünf primären elektrischen, je nach der Entwickelungsstufe und Behandlung mehr oder weniger fein granulirten Nervenstämmchen, welche im embryonalen Gewebe des oberen Gliedes je eines von den fünf Kiemenbogen verlaufen und bis zur Kniestelle derselben reichen; hier theilen sie sich grösstentheils in zwei oder drei Aestchen, welche sich endlich in der feinkörnigen Masse verlieren, wo sie unregelmässig verlaufen und sammt denselben eine Art von Bulbus bilden, so dass man sagen könnte, dass die genannten Aestchen mit feinkörnigen und kolbenförmigen Anschwellungen endigen. Die Stämmchen sind ebenso, wie die von ihnen ausgehenden Aestchen mit Anschwellungen, mit einer dichten Schicht der Embryonalzellen umzogen. Manche von diesen Zellen sind spindelförmig, andere rund oder unregelmässig geformt, und lassen im frischen Zustande unter dem Mikroskop Bewegungserscheinungen erkennen. Aber bei sehr scrupulösen, an mehr als 20 Embryonen in dieser Phase angestellten Untersuchungen habe ich keine einzige mit Kernen versehene Fibrille gefunden. Zwar kann man später dicht an der Wurzel der Nervenstämmchen, und zwar rückwärts, viele spindelförmige, mit runden Kernen versehene Zellen beobachten, welche medianwärts zur Centralnervenmasse

und seitwärts nach der Peripherie sehr lange und dünne Ausläufer schicken, die sich an die elektrischen Stämmchen anschliessen. Diese Zellen gehören aber eigentlich zu Ganglien der sensiblen Nervenwurzeln. Die Ganglien sind verhältnissmässig sehr gross, aber nicht scharf begrenzt. Einige von den Ganglienzellen dringen sogar auch zwischen motorische resp. elektrische Fasern ein, was weniger Geübte zu dem Gedanken führen könnte, dass die Axencylinder hier und da kernhaltig seien. Hier, glaube ich, ist der Ort kurz zu bemerken, dass Alles dafür spricht, dass wenigstens elektrische resp. motorische Axencylinder als Nervenzellenfortsätze betrachtet werden müssen.

Ich war so glücklich, Embryonen von der jetzt zu beschreibenden Periode der Entwickelung, d. h. zwischen der Phase, wo keine Nervenfasern zu sehen sind und der, in welcher schon die feinsten Fibrillen erscheinen, in so grosser Masse zu bekommen, dass ich bei sorgfältiger unausgesetzter Untersuchung nicht im Stande war, das ganze Material zu bewältigen. Aber vergebens suchte ich in der ersten Phase etwas, was auf das Entstehen der peripherischen Nervenfibrillen aus besonderen Zellen gedeutet hätte. Ich sah immer, dass die motorischen Nervenfibrillen aus dem Centralnervensystem herauswuchsen. Zwar habe ich oft im oberen Gliede des Kiemenbogens Zellen mit kurzen Ausläufern gesehen, aber sie lagen zerstreut im Embryonalgewebe, d. h. nicht zu regelmässigen Reihen geordnet, und kein Forscher, mag er noch so erfahren und scharfsinnig sein, dürfte behaupten, dass diese Zellen zur Bildung der Nervenfasern dienten oder blos embryonale oder ganz unschuldige Bindegewebszellen seien.

Als ich zum ersten Male gesehen hatte, dass in späteren Stadien die embryonalen Nervenstränge ihrer ganzen Länge nach von spindelförmigen Zellen mit sehr langen Fortsätzen begleitet waren, und dass man innerhalb dieser Fortsätze liegende, sehr feine Fibrillen unterscheiden kann, kam ich auf den Gedanken, dass ich nervenbildende Zellen sähe. Man könnte glauben, dass Nervenfibrillen sich aus dem Protoplasma der spindelförmigen Zellen bilden, auf die Art, wie die aller-

ersten quergestreiften Fibrillen im Protoplasma der muskelbildenden Zellen entstehen.

Ich habe schon anderswo die Vermuthung ausgesprochen, dass die Nervenfibrillen auf diese Art entstehen könnten, was bestimmt zu behaupten aber sehr gewagt wäre. Das eben von mir geschilderte Bild der spindelförmigen Zelle mit in ihr eingebetteten Fibrillen, kann auch so gedeutet werden, dass diese Zelle eine junge Bindegewebszelle sei, welche ein Stückchen wirklicher Nervenfibrille umzogen hat, um sich später in eine Schwann'sche Scheide umzuwandeln. Es giebt noch eine andere Deutung. Die fragliche Zelle ist nichts Anderes, als eine junge Bindegewebszelle, deren Protoplasma sich zu Bindegewebsfibrillen differenzirt. Wenn aber von vielen Seiten behauptet wird, dass peripherische Nervenfasern aus einer Reihe spindelförmiger Zellen zusammengesetzt sind, und dass dies die erste Stufe der Nervenfaserentwickelung bedeutet, so beweist das nur, dass wirklich Nervenfasern existiren, welche wie aus langen Zellen bestehend erscheinen. Was aber die Deutung solcher Thatsachen betrifft, so ist das Geschmackssache, nicht aber das Resultat eingehender Untersuchungen. Die Forscher sind sicher, dass sie früh genug gekommen sind, um die allererste Bildung der Nerven zu sehen. Aber es ist möglich, dass sie schon etwas zu spät kamen, und nichts Anderes gesehen haben, als junge Nervenfasern mit Schwann'scher Scheide und ohne Marksubstanz. Es kann auch geschehen, dass sie die Entwickelung der centripetalen Nervenfasern, welche möglicherweise sich anders entwickeln, als die centrifugalen, sahen. Es ist eine allbekannte Thatsache, dass auch Remak'sche Fasern wie eine Reihe spindelförmiger Zellen aussehen. Mit einem Wort, ich darf behaupten, dass weder ich, noch Jemand Anderes im Besitz irgend welchen Beweises sich befindet, dass die peripherischen centrifugalen Nervenfasern an Ort und Stelle im mittleren Kiemenblatte sich entwickeln. Man weist beständig auf solche Thatsachen hin, die vielfach gedeutet werden können. Es findet also in der eben besprochenen zweiten Phase der ersten de Sanctis'schen Entwickelungsstufe noch keine Differenzirung im embryonalen Gewebe des Kiemenbogens statt,

weil die Nervenfasern in diese Substanz von aussen eindringen. Wenn man etwas Neues finden kann, so sind es nur kleine Vorsprünge (zwei oder drei an der Zahl), welche auf der inneren Seite jedes Kiemenbogens sich befinden und später zu äusseren Kiemen sich entwickeln. Bald aber schwellen die Kniestellen der Kiemenbogen merklich an. Hier bekommt jeder der fünf Bogen seitwärts einen Vorsprung und oben in diesen Anschwellungen beginnt schon die Differenzirung des embryonalen Gewebes. Man kann sehen, dass in der Substanz dieser Gewebe zwei, drei, oder, je nach der Zeit, mehrere Säulchen sich bilden, welche von der äusseren Oberfläche der Rückenseite des Thieres bis zur Bauchfläche senkrecht sich hinziehen und von dem embryonalen Gewebe auf allen Seiten umgeben sind. Die Kiemenspalten sind zu dieser Zeit noch nicht ganz geschlossen; nur etwas später wachsen die obengenannten Anschwellungen zusammen.

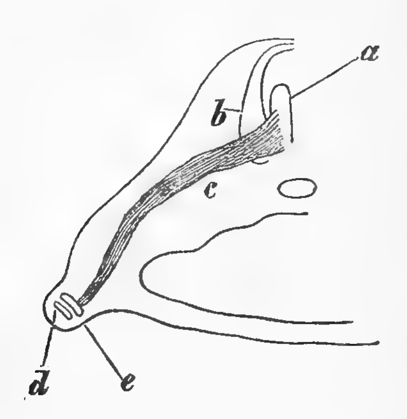


Fig. 1.

Die Hälfte eines Querschnitts durch den Kiemenbogen eines Torpedoembryos. a) die erste Anlage der elektrischen Lappen. b) Seitenwand des Medullarrohrs. c) Anlage des elektrischen Nervenstammes. d) seitlicher Vorsprung des Kiemenbogens. e) allererste Anlage der elektrischen Säule. Schematisch.

Mit der Zeit vergrössert sich die Zahl der Säulchen, bei gleichzeitigem Wachsthum der zwischen ihnen liegenden Embryonalgewebe, so dass die künftigen elektrischen Organe schon dem blossen oder mit der Lupe bewaffneten Auge zugänglich

werden. Sie bilden am Rande der Kiemen einen Saum, welcher sich allmählich vergrössert und am vorderen Ende breiter als am hinteren wird. Die elektrischen Säulchen stehen in gleicher Entfernung von einander. Die Nervenstämme, welche in Kiemenscheiden vereinzelt verlaufen, verästeln sich mehr und mehr zwischen den Säulchen. Man kann sehr klar sehen, dass einige Fibrillenbündelchen mit den elektrischen Säulchen sich verbinden, einmal mit dem Bauchende derselben, manchmal mit dem oberen Ende, nicht selten auch mit ihrer Seite. Es gelang mir aber nie die Fibrillen weit in der Substanz der Cylinderchen selbst zu verfolgen. Ich kann nur behaupten, dass die Fibrillen dort inwendig der Länge nach verlaufen. Auch in dieser Phase sieht man keine kernhaltigen Nervenfibrillen. Das embryonale Bindegewebe ist viel lockerer und durchsichtiger als die Säulchen. Die Säulchen stehen mit diesem Gewebe in so schwacher Verbindung, dass, wenn das Präparat ein paar Tage in verdünnter Lösung von chromsaurem Kali-Ammoniak liegt, man blos nach Entfernung des Epithels die Säulchen, welche wie regelmässig vertheilte weisse Punkte aussehen, wie die Bienenlarven mit der Nadel aus ihren Zellen herausziehen kann. Nach diesem Verfahren bleibt das embryonale Gewebe der künftigen elektrischen Organe wie eine Wabe mit ausgeleerten Zellen zurück.

Jetzt kommen wir zu den wichtigsten Momenten der Entwickelung der elektrischen Organe. Wir werden den Bau der elektrischen Säulchen und die Bildung der elektrischen Platten aus denselben näher erforschen.

Prof. de Sanctis war nicht im Stande, weder das Eine noch das Andere zu verstehen, obgleich er nach seiner eigenen Aussage zu den stärksten Vergrösserungen Zuflucht nahm, indem er wahrscheinlich glaubte, dass nur die allerstärksten Vergrösserungen uns alle Geheimnisse der Natur zu enthüllen vermögen. Er brauchte nämlich das Hartnack'sche System Nr. 9 in Verbindung mit Ocular 5 (!), d. h. eine sehr unvortheilhafte Verbindung, mit welcher er nur sehr grobe und verwaschene Contouren im Objecte sehen, und nur einen sehr schwachen Begriff von dessen Bau bekommen konnte. Er

untersuchte seine Embryonen in sehr starker Chromsäurelösung (3 pCt.) erhärtet und zwar ausschliesslich an Schnitten, welche gewöhnlich nur zu topographischen Studien des gegebenen Organs, aber nicht zur Kenntniss des feineren Baues desselben und der histologischen Elemente dienen konnten. Um die Frage vom Bau der elektrischen Säulchen zu entscheiden, hätte er ausser der Schnittanfertigung auch die zur Isolirung dienenden Mittel benutzen müssen, welche zur Zeit seiner Arbeit in grosser Zahl bekannt waren, und die ich vorzüglich gebraucht habe.

Das ist die Ursache, warum die Resultate der de Sanctis'schen histiologischen Untersuchungen mit den meinigen nichts gemein haben, und warum er die äusseren Formen der Entwickelung der elektrischen Organe so schön beschrieben, histogenetische Verhältnisse aber so gut wie gar nicht verstanden hat.

Es ist ganz richtig, dass beim ersten Anblick isolirte elektrische Säulchen, welche zu allererst in den obengenannten Vorsprüngen der Kiemenbogen erscheinen, als aus dicht gedrängten Zellen bestehend sich darstellen. Es gelingt auch sehr selten, die einzelnen Elemente zu isoliren, sogar nach Gebrauch der macerirenden Flüssigkeiten, weil wegen der Kleinheit der Säulchen selbst es sehr schwer ist, dieselben mit Nadeln zu zerzupfen; wenn dies aber einmal gelingt, so kann man klar sehen, dass die gedrängten verschieden gestalteten embryonalen Zellen die Bündel der langen Zellen von allen Seiten umgeben. Diese Zellen sind im Anfang schmal, haben einen oder zwei verhältnissmässig grosse Kerne mit Kernkörperchen. Bald werden sie aber dicker und im Protoplasma derselben bildet sich ein mehr oder weniger starker Faden, welcher grösstentheils seitlich liegt und in gerader Richtung oder hier und da gebogen die ganze Zelle durchläuft. Derselbe ist quergestreift und steht in keinem Zusammenhange mit Kernen. Uebrigens hängt die grössere oder geringere Schärfe der Querstreifung von der Bearbeitung und von günstiger Beleuchtung des Präparats ab. Es ist jedenfalls keine leichte Aufgabe, diese Querstreifung beim ersten Blick in's Mikroskop

zu unterscheiden. Es sind dazu erforderlich ein gutes Objectiv mit grosser Oeffnung, passende Behandlung und gute Beleuchtung. Ich habe das nach zweimonatlicher Arbeit zum ersten Mal an einem sehr hellen Tage mit sehr gelungenem Objectiv (Nr. 9) (trocken) und Ocular 2 von Hartnack an einem zerzupften Präparate, welches 24 Stunden in Müller'scher Flüssigkeit lag, wahrnehmen können. Es giebt Reagentien, welche die Querstreifung ganz und gar vernichten, und nach ihrer Wirkung bleibt nur der ungestreifte Faden mit Protoplasma und Kernen zurück. Die vorzüglich von mir gebrauchte Flüssigkeit, welche die histologischen Elemente leichter isolirbar macht, indem sie sich mehr als alle macerirenden Flüssigkeiten verschont, so dass sie wie im lebendigen Zustande erscheinen, werde ich in der versprochenen Monographie später ebenfalls namhaft machen, nachdem ich ihre Wirkung näher studirt haben werde; denn auch mit dieser Flüssigkeit werden nicht immer gute Resultate erreicht.

Jeder, welcher Gelegenheit gehabt hat, die embryonalen Bündel der kurzen Muskelfasern bei Torpedo zu sehen, kann bei Betrachtung der zerzupften elektrischen Säulchen nichts Anderes sagen, als dass er embryonale Muskelfasern vor sich hat. Das sagten auch alle Sachkundigen, denen ich meine Präparate zeigte. Einige solche Präparate, welche schon seit sieben Jahren conservirt worden, hatte ich vor kurzem Gelegenheit dem Prof. du Bois-Reymond zu demonstriren. Einige dabei anwesende Herren glaubten darin embryonale Muskelfasern zu erkennen, obwohl sie vor ihren Augen nur zerzupfte elektrische Säulchen hatten.

Aus dem Gesagten folgt, dass die ersten Anlagen der elektrischen Prismen bei Torpedo eigentlich im strengen Sinne des Wortes die ersten Anlagen von Muskelfasern sind. Mit der Zeit nimmt in jedem Säulchen die Anzahl der Muskelfasern zu. Das weitere Wachsthum (ich will jetzt schon bestimmt sagen) der Muskelfasern besteht darin, dass ihre Kerne, resp. Muskelkörperchen sich vielfach theilen und in Folge der Protoplasmazunahme sich von einander entfernen, so dass man am Ende sieht, dass die Säulchen aus Bündeln langer, dicht neben

einander liegender, mit vielen Kernen versehener Fasern, nur mit darin verlaufenden quergestreiften Fäden, bestehen. Zu dieser Zeit findet man zwischen den Fasern nur hier und da der Länge nach verlaufende Fibrillen; aber zwischen den Muskelfasern kann man keine Zellen finden. Dagegen an der Oberfläche sind die Bündel von allen Seiten immer von dicht gedrängten embryonalen Zellen umgeben, mit welchen sie ein aus dem übrigen embryonalen Gewebe leicht isolirbares Ganze bilden; wie schon oben gesagt worden ist, will ich diese Zellen äussere Belegzellen nennen.

Prof. de Sanctis hat nämlich auf dieser, nicht aber auf der frühesten Stufe der Entwickelung stehende Säulchen gesehen, und da er die einzelnen Elemente nicht zu isoliren vermochte, glaubte er, wie aus Nr. III ersichtlich ist, dass die Säulchen nur aus den spindelförmigen Zellen bestehen, welche eine besondere Anordnung haben, und in senkrechter wie horizontaler Richtung mit amorpher Kittsubstanz zusammengeklebt sind. Meinen Untersuchungen nach lege ich den Schwerpunkt der Ausbildung der elektrischen Prismen und elektrischen Platten in die merkwürdige Metamorphose der Muskelfasern. De Sanctis glaubt aber, dass hier die von ihm gesehenen grossen Zellen mit nierenförmigen Körpern die Hauptrolle spielen.

Er behauptet, dass diese Zellen sich theilen sollen, um, indem sie miteinander verschmelzen, später zur Bildung der elektrischen Platten zu dienen. Vergebens suchte ich diese Zellen an meinen sehr gelungenen Präparaten, bis ich mich überzeugen musste, dass Alles, was de Sanctis von diesen Zellen gesehen, Täuschung war.

In der That geht die allererste Bildung der elektrischen Platten in folgender Weise vor sich. Die Enden der embryonalen Muskelfasern, welche gegen die Bauchseite gerichtet sind, schwellen auf. Diese Anschwellung kommt daher, dass der dem Bauchende nächste Kern der Faser sich in zwei andere theilt. Sie entfernen sich nicht mehr von einander wie früher der Länge der Faser nach, sondern bleiben nebeneinander liegen. Das Endstück des Protoplasmas, von den neugebildeten

Kernen anfangend, nimmt an Dicke zu. In der Substanz desselben liegt nicht nur die Verlängerung der oben beschriebenen quergestreiften Fäden, sondern es kommen noch zwei oder drei andere Fädchen zu Tage, welche einen geradlinigen oder wellenförmigen und zickzackförmigen Verlauf nehmen und quergestreift sind. Sie stehen grösstentheils in Verbindung mit ursprünglichen gestreiften Fäden und erscheinen als gabelförmige Verzweigung der letzteren. Das Ganze erinnert an einen Quast, welcher an einer mit Knoten (Muskelkerne) versehenen Schnur hängt. Wenn das Präparat so liegt, dass die Ursprungsstelle der Fäserchen mit Kernen zugedeckt ist, entsteht der Schein, als ob die Fädchen mit Kernen im Zusammenhange stehen. Jetzt ist begreiflich, was die de Sanctis'schen nierenförmigen Kerne mit Nervenfäserchen bedeuten. Wenn das Präparat zu stark erhärtet ist, verbacken sich die nebeneinander liegenden Kerne so stark mit einander und werden so undurchsichtig, dass die Grenze zwischen ihnen sehr schwer zu unterscheiden wird, und zwei Kerne als ein einziger erscheinen. Das Trugbild wird noch täuschender, wenn die Kerne nebeneinander in gekrümmter Linie liegen, was immer der Fall ist mit der quastenförmigen Anschwellung, deren Kopf verschieden angeordnete Kerne bilden. Die quergestreiften Fibrillen sind ohne allen Zweifel die Nervenfäserchen von de Sanctis.

Also: die allererste Metamorphose der langen embryonalen Muskelfasern, aus welchen die Säulchen bestehen, unterscheidet sich dadurch, dass das Bauchende der Muskelfasern sich in quastenförmige Gebilde umwandelt. Da aber diese Gebilde zu derselben Zeit die allererste Anlage der elektrischen Platten sind, so wollen wir der Kürze wegen diese quastenförmige Anschwellung „Plattenbildner" nennen. Die entgegengesetzten Enden der Muskelfasern sind abgerundet, manchmal aber geschweift zugespitzt. Die quergestreiften inneren Fäden reichen bis zu dieser Spitze. In den abgerundeten Enden aber theilen sie sich nicht selten in zwei Fibrillen, was überhaupt an embryonalen Muskelfasern immer wahrzunehmen ist.

Ich habe schon früher gesagt, dass im Anfange die Muskel-

fasern die ganze Länge der Säulchen einnehmen. Dann wäre es unbegreiflich, warum die Plattenbildner nicht nur am Bauchende der Säulchen sichtbar sind, sondern auf verschiedener Höhe der Säulchen sich befinden; aber ich habe auch früher gesagt, dass die Säulchen mit der Zeit stärker werden und zwar dadurch, dass die neuen embryonalen Muskelfasern in diesen Säulchen vielleicht von äusseren Belegzellen sich bilden. Diese sind jedenfalls kürzer und ihre Bauchenden reichen nicht bis an die Bauchenden der Säulchen. Sie metamorphosiren sich immer auf die Art, wie die früher entstandenen Muskelfasern, das heisst, dass ihre Bauchenden sich zu Plattenbildnern umwandeln. Ich habe auch nicht selten beobachtet, dass irgendwo in der Mitte einer Muskelfaser die Vermehrung der Kerne stattfindet, welche mit der Zeit einen Haufen bilden. Gleichzeitig schwillt auch auf einer gewissen Strecke das Muskelprotoplasma auf. In Folge dessen entsteht ein quastenförmiges Gebilde, dessen Basis, das heisst die Plattenbildner, eine gewisse Zeit mit dem Bauchabschnitte der Muskelfasern in Verbindung steht. Manchmal kann man diese Verbindung sehr lange Zeit sehen. In Folge dieses Prozesses stellen sich die Plattenbildner als beinahe regelmässig in der Substanz der Säulchen zerstreut dar.

Um die Aufmerksamkeit der Leser durch detaillirte Beschreibung von Nebenumständen nicht zu zerstreuen, werden wir zuerst ausschliesslich die Entstehung der elektrischen Platten bis zur vollständigen Ausbildung derselben verfolgen. Der Prozess ist sehr einfach. Der nicht angeschwollene Abschnitt der Muskelfasern bleibt immer auf derselben Stufe der embryonalen Entwickelung, und wenn eine Veränderung an diesen zu bemerken ist, so ist das ihre fortwährende Verlängerung und gleichzeitig ihre Verschmälerung, ohne dass sie dabei ihre Querstreifung verlieren. Das Protoplasma umzieht zu dieser Zeit den quergestreiften Faden, als sehr dünne kaum unterscheidbare Hülle. (Ich muss hier davor warnen, dass man nicht durch unvorsichtige Zerzupfung eine Muskelfaser sehr ausdehne, denn dadurch verschwindet die protoplasmatische Hülle und Querstreifung ganz.) Was die Plattenbildner betrifft,

so besteht ihre Metamorphose nur in ihrer Vergrösserung, Formveränderung und fortwährender Kernvermehrung.

So wandeln sich die Plattenbildner vor Allem in birnförmige Körper mit sehr langem, knotigem und quergestreiftem Stiel um. Eine Anzahl der Kerne liegt im dorsalen Abschnitt des Körpers, wo der Stiel sich an der Verbindungsstelle allmählich konisch ausbreitet. Der Bauchabschnitt der Plattenbildner stellt ein beinahe durchsichtiges oder je nach der Bearbeitung feinkörniges Protoplasma dar, welches von einer Anzahl Fäserchen durchzogen ist. Diese erstrecken sich von der Basis des birnförmigen Körpers zu den Kernen, mit welchen sie aber keine Verbindung eingehen, sondern durch oder auch über dem Haufen derselben sich an die quergestreiften inneren Fäden des Stieles anschliessen.

Manchmal habe ich bemerkt, dass einige von den beschriebenen Fäserchen quergestreift sind. Man muss daher annehmen, dass auch zu dieser Zeit in der protoplasmatischen Abtheilung der birnförmigen Körper eine fortwährende Bildung der Muskelfibrillen stattfindet.

Ich habe nicht selten die feinkörnigen und cylindrischen Fortsätze gesehen, welche von der Basis der Plattenbildner ausgehen und gleich Kerzen senkrecht stehend ihren Rand umgeben. Diese Fortsätze, (zwei, drei bis vier an der Zahl), verschwinden bald ganz und gar. Ich habe endlich Fortsätze auch an mikroskopisch kurzen Fasern bei anderen Fischen bemerkt.

Die ganze äussere Ansicht der Säulen stellt sich dann so dar, als ob sie aus, mit embryonalen Zellen umgebenem, kugelförmigem Gebilde zusammengesetzt seien.

Es sind wahrscheinlich jene wanderlustigen Schleimzellen, welche de Sanctis die *cilindretti elettrici* wie mit Keilen in aus Zellen zusammengesetzte Scheiben zerspalten lässt, aus denen später die *piastrini elettrici* sich bilden.

Je weiter überhaupt die Entwickelung des Embryo fortschreitet, desto mehr verändern die Plattenbildner ihre Form. Die Basis der birnförmigen Körper wird mehr und mehr flach.

Auch der spitzige Pol des Körpers beginnt sich abzuplatten und verdickt sich gleichzeitig, die Kerne streben bei fortschreitender Vermehrung sich zu einer scheibenförmigen Schicht anzuordnen, der Stiel wird immer dünner und sitzt nicht immer im Centrum der dicken scheibenförmigen Körper, sondern sehr oft seitlich; dafür vergrössert sich die Anzahl der feinsten Fäserchen im protoplasmatischen Abschnitt, so dass dieser Abschnitt manchmal wie quergestreift erscheint. Die Strichelchen ziehen sich von der Rückseite in gerader Richtung zur Bauchseite der Plattenbildner. Wenn man zu dieser Zeit die isolirte, elektrische Säule im Ganzen betrachtet, so bekommt man den Eindruck, dass die Säule aus nicht ganz regelmässigen, dicken, kuchenförmigen Körpern zusammengesetzt ist, welche von einander durch embryonale Zellen getrennt, nicht die ganze Breite der Säule einnehmen und nebeneinander und übereinander liegen.

Im Querschnitte stellen zu dieser Zeit also die Plattenbildner zwei Schichten — eine obere körnige und eine untere, durchsichtige und quergestreifte dar; die Schichten sind an Dicke beinahe gleich. Uebrigens kann man noch eine durchsichtige protoplasmatische Schicht unterscheiden, welche die körnige von der dorsalen Seite deckt, und sich allmählich aus einem konischen Stück der oben erwähnten birnförmigen Plattenbildner bildet. Die Räume zwischen den kuchenförmigen Körpern sind, wie ich schon oben gesagt habe, mit Zellen verschiedener Form gefüllt, welche ich als innere Belegzellen bezeichnen will. Besonders sammeln sie sich an der Basis der Plattenbildner und hängen sich hier fest an. Man sieht auch lange aus dem Haufen der Zellen heraussteckende (Nerven?) Fibrillen. Man kann manchmal sehr klar sehen, dass diese Fibrillen mit spindelförmigen Körperchen im Zusammenhange stehen. Was den Rest von früheren Muskelfasern resp. Stielen betrifft, so werden sie dünner und verschwinden allmählich ganz.

Von dieser Stufe der Entwickelung der Plattenbildner an wird die Isolirung derselben immer schwieriger und schwieriger, denn die äusseren Belegzellen bilden allmählich eine mehr und mehr zusammenhängende Hülle um die elektrischen Säulchen.

Nach dieser Periode platten sich die Plattenbildner unter fortwährender Kernvermehrung mehr und mehr ab, die untere protoplasmatische Schicht wird immer dünner, während die dorsale sich etwas verdickt, die Kernschicht aber dieselbe Dicke behält; am Ende nehmen die Plattenbildner die Form runder Platten an, welche den ganzen Querschnitt der Säulchen einnehmen. Es sind schon ausgebildete sogenannte elektrische Platten, in welchen die Kerne (eigentlich Zellen) mehr der Bauchoberfläche genähert und von einander entfernt liegen. Sie entstehen also nicht aus dem Zusammenfliessen der embryonalen Zellen, sondern sie bilden sich durch die Metamorphose der Myoblasten, das heisst aus vielkernigem Protoplasma, und sind keineswegs nervöser Natur, was Max Schultze so lange Zeit behauptete und was von Allen angenommen wurde. Die Platten sind von einander durch eine Menge von verschiedenförmigen Zellen getrennt. Sie sind grösstentheils spindelförmig, aber mit runden Kernen versehen. Die Isolirung der einzelnen Platten ist zu dieser Zeit ungemein schwierig, und wenn macerirende Flüssigkeiten etwaigen Nutzen bringen, so verderben sie zugleich die histologischen Elemente. Ausserdem sind die Platten so ungemein dünn, dass es nur sehr selten gelingt, wirklich eine einzige Platte zu isoliren. Wenn aber zwei oder drei Platten einander decken, bringt es keinen Nutzen. Wenn es mir einmal gelang, eine einzige Platte zu isoliren, so fand ich immer, dass die Zwischenzellen sehr stark an der Bauchseite der Platte haften, während die Dorsalseite ganz glatt und entblösst ist.

Das Wachsthum der elektrischen Platten geschieht nach dem Princip des Wachsthumes der Muskelfaser bei Wirbelthieren.

Bei langsamer Kernvermehrung nimmt die Substanz der Platten an Breite immer zu, die Kerne der Platten entfernen sich mehr und mehr von einander, in Folge dessen verdicken sich die elektrischen Säulchen immer mehr und mehr und werden bei weiterem Wachsthum vom Druck, den sie gegen einander ausüben, prismatisch.

Das embryonale Gewebe, welches sich zwischen den Pris-

men befindet, wandelt sich allmählich zu einem echten fibrillären Bindegewebe um. Wenn die elektrischen Platten einmal gebildet sind, so entwickeln sich in den Säulchen oder Prismen keine neuen Platten mehr. Die Prismen wachsen in die Höhe einerseits, weil die Platten sich absolut verdicken, anderseits, weil der Zwischenraum zwischen je zwei Platten sich vergrössert, indem dort das fibrilläre Gallertgewebe sich entwickelt, in welchem die Gefässe und die gröbere Nervenverästelung eingebettet sind.

Jetzt wenden wir uns zur Histogenese des nervösen Apparats der elektrischen Organe, unter welchem ich in erster Reihe elektrische Lappen und Nervenstämme mit ihren Verzweigungen verstehe, in zweiter Reihe die Nervenfaserverzweigung zwischen je zwei Platten bis zur Bildung der Nervenendplatte, welche nach meinen früheren (im Jahre 1869) und im vorigen Sommer (wegen der Behauptung von Prof. Boll (1873)[1]), dass diese Platten ein Netz bilden) wiederholten Untersuchungen, weiter nach Untersuchungen von Ciaccio (1869 und 1875)[2]) und von Ranvier (1875)[3]) nichts Anderes ist als eine reiche Terminalverzweigung der elektrischen Nerven, was 1875 endlich auch von Boll anerkannt worden ist.[4])

Ich muss aber gestehen, dass ich mich bei Erörterung der

---

1) Max Schultze's Archiv für mikroskopische Anatomie, 1873. Bd. X. S. 101.

2) Intorno all' intima tessitura dell' Organo elettrico della Torpedine. (Nuove Osservazioni.) Lo Spallanzani, Rivista di Scienze Mediche e Naturali. Modena 1875. Anno XIII. Fasc. X. — Meine neuen Beobachtungen, obwohl sie schon im Juli 1875 beendet waren, habe ich nicht veröffentlicht, weil ich erfuhr, dass Ciaccio schon am 20. August seine Ergebnisse bekannt gemacht hatte, welche von den meinigen nur in Einzelheiten abweichen. Die Präparate aber, welche nach ganz anderen Methoden als den von Ciaccio und später auch von Boll angewendeten behandelt sind, habe ich Prof. Brücke im August während seines Aufenthalts in Venedig, im September Prof. Schwalbe und Prof. du Bois-Reymond demonstrirt.

3) Comptes rendus etc. 20 Décembre 1875.

4) Monatsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften. 1875. S. 710 ff. — [S. oben S. 462. — Red.]

vorliegenden Fragen nicht mit solcher Bestimmtheit oder so zu sagen apodiktisch über Entwickelungserscheinungen äussern kann, wie das bei Beschreibung der nicht nervösen Plattenbildung der Fall war. Die Ursache wird aus allem Nächstfolgenden für Sachkundige von selbst verständlich. Unter Anderem fehlen auch einige Détails, welche zu ergänzen ich schon begonnen habe. Was die Entstehung der elektrischen Nerven und Lappen betrifft, so habe ich für einen Journalartikel schon genug gesagt. Zur ausführlichen Darstellung wäre ein ganzes Buch nöthig, daher muss ich mich hier auf einige weitere kurze Andeutungen beschränken. Nach der von mir schon beschriebenen Stufe der Entwickelung der Nervenzellen vergrössern sich dieselben allmählich und fangen an nach allen Seiten Fortsätze auszusenden, welche anfangs breit abgestumpft und feinkörnig sind; nachher aber verjüngen und verästeln sich ihre Enden. Zu der Zeit, wo das Propterygium der Brustflossen die elektrischen Organe von hinten und an den Seiten umgiebt, findet man schon in den Lappen zwar sehr kleine, aber ganz fertige Nervenzellen; der Axencylinderfortsatz derselben lässt sich manchmal auf so lange Strecken isoliren, dass er eine Länge von ein bis zwei Millimetern erreicht. Auch an so langen Axencylinderfortsätzen habe ich nie etwas an Kerne Erinnerndes gesehen. Sie erscheinen immer je nach der Behandlung ganz glatt und structurlos oder blass und ausserordentlich feinkörnig; nicht selten liegt in der feinkörnigen Masse eine sehr feine structurlose Fibrille, was zum Schluss führen könnte, dass der Axencylinder nicht die unmittelbare Fortsetzung des Protoplasma der Nervenzellen ist, sondern in und aus dem Protoplasma des Fortsatzes sich differenzirt, wobei das Protoplasma sich später in feine Körnchen umwandelt. Um diese Verhältnisse zu sehen ist die schonende Behandlung nicht ausreichend; man muss ein starkes, sehr gutes, übercorrigirtes Objectiv brauchen.

Die Nervenstämmchen verdicken sich immer unter fortwährender Zunahme der neuen Nervenfibrillen. Gleichzeitig schicken die Zweige der Nervenstämme in das Parenchym der künftigen elektrischen Organe immer mehr und mehr Aetes,

welche dort allseitig in verschiedenen Schichten des elektrischen Organs manigfaltig gebogen verlaufen und scheinbare Maschen bilden. Auf welche Weise und aus welcher Ursache diese Verästelungen entstehen, kann ich nicht mit Bestimmtheit sagen. Ich kann nur auf die eben beschriebene Thatsache hinweisen und hinzufügen, dass sowohl die Nervenstämmchen als ihre Aeste immer von einer Schicht dichtgedrängter Zellen umgeben sind. Mit der Zeit dringen vielleicht diese Zellen oder ihre Nachkömmlinge zwischen die Fibrillen und zerspalten auf diese Weise die Nervenstämme und ihre Verzweigungen in mehr und mehr dünne Bündel. Dadurch entstehen am Ende der Nervenzweige neue Aestchen, welche gegen die Säule sich richten und, wie ich schon oben gesagt, sehr oft nur wenige primitive Nervenfibrillen enthalten. Hier schliessen sich die Endästchen an die Säulen sehr dicht an, indem sie entweder in der Länge, oder in schiefer oder querer Richtung verlaufen. Nach der Entfernung der darüber liegenden Zellen kann man sich vollkommen überzeugen, dass manche einzelne Nervenfibrille an ihrem Ende sich in zwei, drei oder mehrere Aestchen theilt. Um das zu sehen, ist es unbedingt nothwendig, gute starke Wasserobjective und besser übercorrigirt als untercorrigirt in Verbindung mit schwachen Ocularen (Nr. 2) zu brauchen.

Auf welche Art und Weise diese Fibrillenästchen entstehen, ist sehr schwer zu bestimmen; da aber alle Merkmale fehlen, die auf irgend welche Art und Weise auf die Art der Entstehung der Aestchen weisen, so muss man annehmen, dass wir es hier mit Sprossenbildungen zu thun haben, was anderswo, wie wir später sehen werden, in der That geschieht.

Man kann sich überzeugen, dass die Fibrillen, wie ich schon oben gesagt habe, wirklich in die Substanz der Säulchen eindringen, schon zu der Zeit, wo dieselben noch aus Bündeln einfacher und nackter embryonaler Muskelfasern bestehen; ihr weiteres Schicksal aber ist beinahe unmöglich zu verfolgen. Die Schnitte der Säulchen stellen nichts besonderes dar und nur in sorgfältig zerzupften Säulen kann man hier und da die Fibrillen wahrnehmen, welche grösstentheils längs der Muskel-

fasern verlaufen. Diese Unbestimmtheit bleibt bis zur Ausbildung der elektrischen Platten.

Jetzt muss ich daran erinnern, dass zwischen den embryonalen Muskelfasern, welche sich zu Bündeln resp. zu elektrischen Säulen vereinigen, keine anderen Zellen vorhanden sind, oder wenigstens in sehr geringer Anzahl; dieser Zustand dauert bis zum Beginn der Metamorphose der Bauchenden der Muskelfasern.

Von dieser Zeit an erscheinen die Plattenbildner mit inneren Belegzellen umgeben, besonders an ihrer Basis. Diese Zellen nehmen ihren Ursprung unstreitbar von äusseren Belegzellen. Sie sind von mannigfaltiger Form und aus ihren Anhäufungen stehen nicht selten eine oder zwei Fibrillen heraus welche den Nervenfibrillen sehr ähnlich sind. Aber die näheren Verhältnisse dieser Fibrillen zu den Platten sind mir trotz aller meiner Bemühungen noch nicht klar. Wenn die Zellenhaufen an Ort und Stelle bleiben, so kann man zur Ueberzeugung kommen, dass einige von den genannten Fibrillen eigentlich Fortsätze der spindelförmigen Zellen sind. Ein anderes Mal aber ist das nicht der Fall; die methodische Isolirung der Zellen ist mir nie gelungen, wegen der Kleinheit der Plattenbildner zu dieser Zeit. Wenn es auch einmal gelingt bei hundertmaliger Vergrösserung die Zellen von der Basis mit einer Nadel zu entfernen, so schwimmen sie augenblicklich fort oder bleiben an der Nadel haften.

Nachdem die Plattenbildner in Platten sich umwandelten, welche die ganze Dicke der Säulchen einnehmen, findet man folgende Verhältnisse:

Die Platten sammt den Belegzellen bestehen aus zwei Schichten. Die dorsale Schicht bilden eigentlich durch Metamorphose der Muskelfaser entstehende Platten. Sie sind je nach der Behandlung entweder ganz structurlos oder an der Bauchseite feinkörnig. In der Substanz derselben ist eine nicht besonders grosse Anzahl von runden Kernen eingebettet. Die Bauchschicht besteht aus runden, spindelförmigen und auch mit verästeltem Fortsatz versehenen Zellen. Manchmal sieht man, dass die eine oder die andere von den letztgenannten Zellen

vermittelst ihres Fortsatzes mit einem Faden in Verbindung tritt, welcher von aussen kommt und aus einer sehr verlängerten oder aus zwei zusammengeklebten Zellen besteht. Man kann auch einen anderen Faden sehen, welcher mit anderen spindelförmigen Zellen sich vereinigt. Grösstentheils aber fehlen diese Fäden ganz und gar. Bei genauer Betrachtung kann man sich überzeugen, dass in der sehr feinkörnigen Masse der Faden eine feine Fibrille durchläuft, und dass auch die mit ihm verbundenen Zellen in ihrer Substanz (aber nur bei sehr glücklicher Beleuchtung wahrnehmbare) eine Fibrille enthält; diese Fibrille steht ihrerseits wieder in Verbindung mit der Fibrille, welche in die Substanz von aussen kommender Fäden eingebettet ist. Die obengenannten Fäden sind unstreitig elektrische Nervenfasern, welche nur aus der embryonalen Schwann'schen Scheide und dem Axencylinder bestehen. Wir kennen schon die Entwickelung derselben. Anfangs bestehen sie aus feinen Fibrillen, welche sich nachher zu einem mit embryonalen Zellen umzogenen Stämmchen vereinigen. Wir wissen auch, dass mit der Zeit diese Zellen in die Substanz der Stämmchen eindringen und sie in Bündel zerspalten. Am Ende trennen sie auch die einzelnen Fibrillen von einander, indem sie dieselben rundherum umziehen und auf diese Weise die Schwann'sche Scheide bilden. Mit der Verlängerung der Fibrillen verlängern sich auch diese Zellen. Gleich nach diesem Process wird auch die Marksubstanz wahrnehmbar und zwar nicht an unversehrten Fasern, sondern nach dem Zerreissen derselben. Dann sammelt sich die Marksubstanz in verschiedenartig gestalteten Tröpfchen und Krümeln, welche nach ihrer Form an Myelin erinnern, aber viel blasser und mit doppelten, aber sehr feinen Conturen umgeben sind. Das weist darauf hin, dass die Marksubstanz bei erster Ablagerung andere (chemische?) Beschaffenheit als später hat.

Jetzt fragt sich, ob die spindelförmigen und verästelten Zellen die Nervenfibrillenbildner sind, oder Bindegewebskörperchen, welche zur Bildung der Schwann'schen Scheide dienen? Auf die erste, sowie auch auf die zweite Frage, kann man nur muthmassend antworten. Viele Erscheinungen sprechen

für die erste Voraussetzung und viele auch fürdie zweite, und das ist eben der schwierigste Punkt in der Entwickelungsgeschichte der Nervenendplatten, den ich jedoch noch zu überwinden hoffe; dafür aber liegt die weitere Entwickelung derselben klar vor Augen. An jedem Ende der fibrillenhaltigen Zelle entstehen immer zwei Sprossen, welche mit der Zeit zu kleinen Aestchen aufwachsen, und wieder am Ende jedes dieser Aestchen bilden sich zwei Sprossen u. s. w.

Das Protoplasma der Zellen begleitet immer diese sprossenhaft entstehenden Fibrillen, bildet aber immer eine dünnere und dünnere Schicht um sie herum, welche endlich ganz verschwindet. Das geschieht grösstentheils dort, wo zwei neue Sprossen entstehen, welche bei ihrem weiteren Wachsthum und Theilung vom Protoplasma einer neuen embryonalen Zelle umzogen werden. Mit dem Wachsthum der aus Muskeln entstehenden Platten geht die Ramification der Nervenfibrillen immer vorwärts, bis es zu der feinsten und dichtesten Verästelung oder der Bildung des sogenannten Netzes kommt, welches in und auf einer feinkörnigen Schicht gelagert ist. Hier entsteht diese sehr verwickelte Verästelung auch durch fortwährende Sprossenbildung, welche auch bei den erwachsenen Thieren fortdauert; bis zu welcher Zeit kann ich nicht sagen. Die Zahl der allerletzten Terminalästchen ist nicht gleichmässig an die verschiedenen Stellen der Platten vertheilt: an einer Stelle sind die Aestchen so dicht an einander gedrängt, dass man glauben könnte, wirkliche Netze vor sich zu sehen; an einer andern sind die Zwischenräume so gross, dass das richtige Verhältniss sogar mit Objectiv Nr. 5 von Hartnack und Ocular Nr. 2 gleich in's Auge fällt.

Einen ganz ähnlichen Prozess der Terminalverästelung habe ich auch bei der Entwickelung der motorischen Endplatten bei Torpedo ganz klar beobachtet. Dort entsteht die Terminalverästelung auch durch Sprossenbildung. Darüber, dass hier zwischen Verästelung und Muskelsubstanz feine Körnchen vorhanden sind, habe ich mich schon längst und ausdrücklich ausgesprochen.

Auf Grund von allem oben Gesagten können wir behaupten,

dass bei Torpedo ein im embryonalen Zustande sich befindendes motorisches Organ aus für uns unbekannten Ursachen, bei weiterer Entwickelung eine andere Bahn eingeschlagen, und zum elektromotorischen Apparat sich gestaltet hat. Die Muskelfasern sind in Platten umgewandelt, denen physiologisch vielleicht eine sehr geringe, möglicher Weise aber auch eine sehr wichtige Bedeutung zukommt. Dafür aber ist das, was sonst zur Erregung der Muskelcontraction bestimmt ist, (die motorische Endplatte), in Wesentlichem unverändert geblieben, und hat sich nur enorm entwickelt. Unter diesen Umständen rufen die motorischen Platten, wenn sie in Thätigkeit gesetzt werden, nicht Contraction hervor, sondern erzeugen mit dem, was sich contrahiren sollte, vielleicht auch ohne dasselbe, Elektricität. —

Der oben ausgesprochene und ungezwungen aus der Entwickelungsgeschichte entnommene Schluss findet glänzende Unterstützung in meinen Untersuchungen der Entwickelung der pseudoëlektrischen Organe bei Rochen und bei Mormyrus; während, wenn de Sanctis Recht hat, er meinen Begriff von den elektrischen und pseudoëlektrischen Organen ganz zerstören würde. Ich hoffe den Lesern klar darzustellen, dass, obwohl de Sanctis dasselbe, was ich gesehen, er die Erscheinungen gar nicht verstanden hat. Er schreibt: „Die folgenden Resultate der Untersuchungen an dem kleinsten Individuum von Raja Schultzii kamen mir Anfangs so unerwartet vor, dass ich es für nöthig fand, die Untersuchungen von Neuem anzustellen, bis ich die volle Ueberzeugung von ihrer Wirklichkeit gewann. Als ich mit der grössten Sorgfalt aus dem Schwanze der kleinsten Rochen (bei denen die Dicke des Schwanzes in dem Punkte, wo die pseudoëlektrischen Organe beginnen, kaum ein Millimeter betrug) den M. sacrolumbalis mit dem pseudoëlektrischen Organe, welches von ihm ausgeht, isolirte, sah ich, dass das elektrische Organ gleich der Sehne des ihm entsprechenden Muskels vom äussersten Ende desselben bis zu der Spitze des Schwanzes verläuft. Das vordere Ende des pseudoëlektrischen Organes ist zugespitzt und verbindet sich mit den mittleren Fasern des M. sacrolumbalis. Nach hinten verdickt sich das pseudoëlektrische Organ, und nimmt die

Form eines Konus an, dessen Seiten die Muskelfasern in schräger Richtung erreichen, indem sie von vorne ein Zehntel des pseudoëlektrischen Organes bedecken, und auf diese Weise eine Art von Scheide bilden ohne sich weiter fortzusetzen. Es befinden sich gewöhnlich in den Sehnen der Länge nach verlaufende Fasern, welche durch Scheidewände, gleich einem Muskel in vieleckige Bündel getheilt werden, was man an Querschnitten beobachten kann. In den Sehnen findet man ausserdem auch Netze von feinen elastischen querlaufenden Fasern. Wir haben im pseudoëlektrischen Organe, welches sehnenförmig aussieht, dieselben Verhältnisse, die hier aber viel deutlicher zum Vorschein kommen, denn Längsscheiden theilen das zugespitzte vordere Ende des Organs in zwei, dann je nach Verdickung des Organs in drei, vier oder mehr Abtheilungen.

In Folge dieser Längstheilungen entstehen viele *Colonne* beinahe von gleicher Grösse und auch diese Haupttheilungen des Organs haben dieselbe Form wie das ganze Organ, indem sie an dem vorderen Ende zugespitzt erscheinen, und sich in der Mitte immer verdicken, rückwärts sich aber wieder verjüngen. Ausser dieser Längstheilung giebt es noch andere Quertheilungen, weiche die der Länge nach liegenden Sehnenbündel in gleicher Entfernung durchschneiden. Die Längsbündel sind deswegen Schritt für Schritt unterbrochen, und das ganze Organ erscheint an der Oberfläche wie aus Vierecken bestehend gleich der Oberfläche einer Weizenähre (Fig. 28, IV). Die Elemente desselben sind im Anfang birnförmig, nachher in Folge des gegenseitigen Druckes viereckig und von einander ganz isolirt, vermittelst Bindegewebes, welches Längs- und Querscheiden bildet.

Jetzt wenden wir uns zu dem feineren Bau der Theile, welche das pseudoëlektrische Organ bilden, und zu den intimeren Beziehungen dieser Theile, zu Muskelfasern und Nerven.

Wenn man diese Elemente mit Nadeln zerzupft, theilen sie sich der Länge nach und dann, wenn sie ein wenig gezogen werden, theilen sie sich auch der Quere nach. Das geschieht,

nachdem ein Stückchen vom Organ zuerst in Alkohol oder Essigsäure gehalten wurde, oder wenn es in dieser Mischung von Essig und Alkohol längere Zeit gekocht wurde. Die einzelnen Stückchen, welche, so lange sie von einander gedrückt waren, quadratisch aussahen, werden im isolirten Zustande abgerundet und wirklich birnförmig. Am spitzen Pol des birnförmigen Körpers befindet sich ein *picciuolo* (Stift) (Fig. 38, IV), welcher sich in eine Muskelfaser fortsetzt, welche, nachdem sie sich verjüngt hat und den Körper erreicht, mit dem Stift verschmilzt. Dieser Stift stellt so zu sagen den Anfang einer grossen Anzahl elastischer Maschen dar, welche eine Art von Skelet bilden, das dem Körper die Form verleiht. Diese elastischen Fasern sind eigentlich die intercellulare Substanz, welche Fasergestalt angenommen hat. Ausser diesen dicken Fasern giebt es noch feinere, welche mit einander verklebt sind und dadurch vollkommener als die isolirten Fibrillen die Streifung dieser intercellularen Substanz behalten, welche alle elastischen Maschen anfüllt und an der Oberfläche des Körpers eine Decke bildet.“ (Solch' einen klaren und eigenthümlichen Begriff hat de Sanctis von der mäandrischen Substanz!) „Um mich vollkommen von den Verhältnissen des Stieles des birnförmigen Körpers mit den Muskelfasern zu überzeugen, musste ich mit grösster Vorsicht einen von diesen Körpern isoliren; dann habe ich ganz deutlich unter dem Mikroskop gesehen, dass die Muskelfaser, welche ihrer ganzen Länge nach eine gleiche Dicke behält, eine sehr klare Streifung darbietet und dann, wenn sie sich ihrem Ende nähert, sich um $^1/_4$ oder $^1/_5$ ihres Diameters verdünnt, eine weniger klare Streifung zeigt, aber statt dessen feinkörnig in diesem kurzen Raume erscheint und dann mit dem Stiele verschmilzt, wie schon angeführt. Wenn man das Ganze dieses Körpers betrachtet, so gleicht es einer Weizenähre, deren Haare durch Muskelfasern, die Samenkapsel durch die Fasern der feingestreiften Substanz und die Samen endlich durch einen Körper, von welchem wir sprechen werden, repräsentirt sind. Um die Structur eines Körperchens der pseudoëlektrischen Organe gründlich kennen zu lernen, musste ich das Stückchen

in verschiedener Weise bearbeiten. Was mir am besten gelang, war das einige Minuten lange Kochen des Stückchens in Salpetersäure und chlorsaurem Kali. Mit diesen Mitteln habe ich sehr klar gesehen, dass das Körperchen, nachdem das Bindegewebe vernichtet war, aus einem Knäuel von elastischen Fasern bestand, welche zu einem Netz verflochten sind. Diese Fasern verbreiten sich in der Weise, dass sie dem Körper das Aussehen eines Fensterwerkes in allen Richtungen verleihen (Fig. 31). In das Innere dieser Fenster dringen die kernhaltigen Nervenfasern mit ihren letzten Enden ein, und so viel ich sehen konnte, sind sie in Verbindung mit Fortsätzen einiger sternförmigen und anastomosirenden Zellen.

Da die elastischen Körper in besondere Kästchen von membranösen Scheiben des Bindegewebes vertheilt werden, habe ich mir folgenden Begriff vom pseudoëlektrischen Organ gemacht: es entsteht aus einer Sehne, welche sich grösstentheils in elastische netzförmige Geflechte transformirt, welche sich in Körper verwandeln, von denen ein jeder für sich in besonderer Beziehung zu den Muskeln- und Nervenfasern steht.

Die pseudoëlektrischen Platten stellen sich im Anfange als birnförmige Körper dar, welche nichts Anderes, als ein Knäuel von elastischen zu einem Netze vereinigten Fasern sind, in welchem sternförmige Zellen eingebettet sind, die mit ihren Fortsätzen einerseits untereinander, andererseits mit Nervenfasern sich vereinigen. Diese birnförmigen Körper stehen auch vermittelst ihrer Stifte in Verbindung mit Muskelfasern".

Dies ist der Schluss, welchen de Sanctis aus seinen Untersuchungen zu ziehen sich bemüht. Dieser Schluss aber und alle seine Angaben stehen von Anfang bis zu Ende in diametralem Widerspruch mit meinen Beobachtungen. Er sagt, dass die Entwickelung der pseudoëlektrischen Organe viel schwieriger zu studiren ist, als die der elektrischen Organe bei Torpedo, und beklagt, dass er nicht eine volle Reihe von Embryonen und kleinen Rochen gehabt habe. Ich behaupte, dass nichts leichter zu begreifen ist, als die Entstehung der pseudoëlektrischen Organe. Es ist auch gar nicht nothwendig, sich eine grosse Zahl von Embryonen oder ganz junge Rochen zu

verschaffen. Nöthigenfalls kann man sich mit einem einzigen Exemplar begnügen. Es ist ferner ganz gleich, von welcher Grösse der junge Roche ist, denn die Bildung der pseudoëlektrischen Organe dauert hier sehr lange Zeit. Wenn de Sanctis noch jüngere Rochen gehabt hätte, so hätte er vielleicht unabsichtlich nicht die Entwickelung der pseudoëlektrischen Organe, sondern die der Muskeln und motorischen Endplatten studirt.

Es ist schon oft bemerkt worden, dass die Bestandtheile der pseudoëlektrischen Organe so angeordnet sind, als ob sie die unmittelbare Fortsetzung des M. sacrolumbalis darstellten. Ich füge hinzu, dass dies nicht nur dem Schein nach, sondern auch in Wirklichkeit so sich verhält.

Nach Entfernung der Haut am Schwanze eines jungen Rochen hat de Sanctis anstatt pseudoëlektrischer Organe nur eine Sehne gefunden, welche bis zu der Spitze des Schwanzes sich ausdehnt. Als ich aber einen ganz durchsichtigen Schwanz von einem sehr jungen Rochen unter dem Mikroskop bei sehr greller Beleuchtung betrachtete, fand ich, dass anstatt des pseudoëlektrischen Organs nur Muskelfasern da waren, welche sich sowohl willkürlich, als bei galvanischer Reizung heftig contrahirten. Im Wasser verhalten sich junge Thierchen ganz ruhig; dafür macht ein schmaler Endabschnitt des Schwanzes fortwährend sehr mannigfaltige wurmförmige Bewegungen, so dass manchmal die Hälfte des Schwanzes eine wellenförmige Linie darstellt. Bei älteren Rochen kann man dies nicht mehr bemerken. Die Muskelfasern haben ganz dieselbe Anordnung, wie im M. sacrolumbalis, mit dem Unterschiede, dass einzelne Muskelbänder, je mehr sie dem Schwanzende sich nähern, unter desto spitzerem Winkel sich vorne vereinigen, so dass sie unweit vom Schwanzende beinahe parallel neben einander liegen. An isolirten Muskelfasern aus dem Gebiet, wo später pseudoëlektrische Organe entstehen, kann man schon sehr klar motorische Endplatten unterscheiden, welche aus einer reichen Verzweigung grösstentheils einer einzelnen Nervenfaser mit Schwann'scher Scheide aber ohne Marksubstanz bestehen. Die Terminalästchen verbreiten sich merkwürdigerweise ganz dicht am hinteren Ende der Muskelfaser und zwar an der

inneren, d. h. zur Medianlinie des M. sacrolumbalis gekehrten Seite derselben. Grösstentheils aber nehmen die Aestchen oder motorischen Platten den natürlichen Querschnitt der Muskelfaser ein. Die näheren Verhältnisse kann man nicht in motorischen Endplatten unterscheiden, denn dieselben stellen sich immer nur in Profilansicht vor. Man kann nur sehen, dass an und zwischen den Aestchen die kleinen Zellen eingelagert sind, und dass zwischen der Muskelsubstanz und den Terminalästchen feine Körnchen vorhanden sind, welche aber an mit Säuren (ausser Chromsäure) behandelten Präparaten ganz unwahrnehmbar werden. Bei etwas grösseren Thieren derselben Art (welche aber weder ich, noch die Zoologen von Fach bestimmen können), sowohl an Längsschnitten des Schwanzes als an isolirten Muskelfasern, bemerkt man schon Veränderungen an denselben. Diese Veränderungen treffen die Muskelfasern, welche das mittlere Dritttheil des Schwanzes einnehmen, und bestehen darin, dass das Ende der Faser unter Vermehrung der Muskelkörperchen allmählich aufschwillt, so dass die Muskelfaser sich schliesslich in einen kolbenförmigen Körper umwandelt. Zu derselben Zeit vergrössert sich die motorische Endplatte, indem die allerletzten Terminalästchen sich verdicken und an ihren Enden durch Sprossungsprocess immer zwei neue Aestchen produciren. Zwischen den Aestchen befindet sich auch zu dieser Zeit eine Anzahl kleiner embryonaler Zellen, von welchen einige spindelförmig sind. Mit der Vermehrung der Aestchen verbreiten sie sich mehr und mehr an der inneren Seite des Kolben. Auch in diesem Zustande antworten die kolbenförmigen Muskelfasern auf die galvanische Reizung. Willkürliche Contraction aber habe ich nicht bemerkt. Die Bewegungen des Schwanzes werden so zu sagen steifer. Es sind dies die *corpuscoli piriformi* de Sanctis, welche nach seiner Meinung aus Quertheilung der Sehnen entstanden sind und durch und durch, d. h. sowohl der Kopf als der Fortsatz, *picciuolo*, aus elastischen Fasern bestehen!

Die kolbenförmigen Muskelkörper sind desto grösser, je mehr sie in der Mitte jedes Muskelbandes eingelagert sind; gegen das vordere wie das hintere Ende des Muskelbandes hin

aber verkleinern sie sich allmählich, so dass man zu gewisser Zeit an beiden Enden des Muskelbandes nur einfache Muskelfasern finden kann. Im Ganzen hat das isolirte pseudoëlektrische Organ wirklich eine, wenn auch sehr entfernte Aehnlichkeit mit einer Weizenähre. Ich gebe hier eine schematische Abbildung des Uebergangs des M. sacrolumbalis in das pseudoëlektrische Organ.

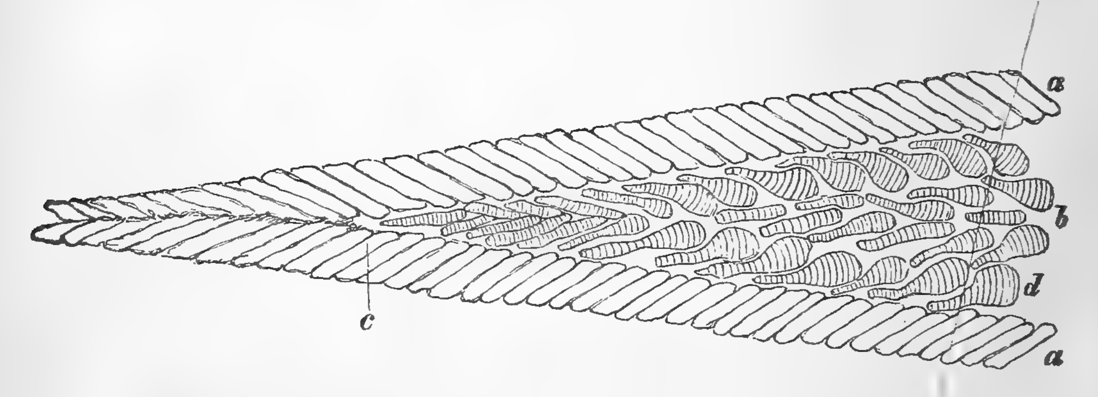


Fig. 2.

Längsschnitt der Uebergangsstelle des M. sacrolumbalis in das pseudoëlektrische Organ a, a. Muskelfaserbänder; die Querstreifung ist nicht angegeben. b. die Muskelfasern des künftigen pseudoëlektrischen Organs, welche sich vom Winkel c. nach hinten allmählich zu kolbenförmigen Körperchen d. umwandeln.

Die weitere Metamorphose der kolbenförmigen Muskelfasern besteht darin, dass der Kopf derselben in der Richtung von hinten nach vorn abgeplattet wird. Die Querstreifen, welche früher wie im Fortsatze so auch im Kopfe der Kolben beinahe parallel angeordnet waren, biegen sich jetzt mannigfaltig in der Kopfabtheilung (Plattenbildner) und stellen schon zu dieser Zeit eine mäandrische Zeichnung dar. Die motorische Endplatte verbreitet sich mehr und mehr auf dieser Seite. Die sprossenartige Bildung der neuen Aestchen schreitet immer weiter vor. Die vermehrten Muskelkörperchen werden rund oder elliptisch und sind von der körnigen Masse, welche sich in Goldchlorid tief schwarz färbt, wie von einem Hof umgeben. Sie sind in der mäandrisch gestreiften Substanz nicht tief eingebettet, wie Max Schultze glaubte, sondern liegen an ihrer

Oberfläche. Die älteren Nervenästchen fangen schon an sich mit einer sehr feinen Schicht Marksubstanz zu umgeben.

In Folge des Wachsthums wendet sich die mäandrisch gezeichnete Oberfläche nach vorn sammt der motorischen Endplatte.

Ich habe bis jetzt ausschliesslich auf die Bildung der quergestreiften oder mäandrisch gestreiften Substanz und auf die fortschreitende Entwickelung der motorischen Endplatte Rücksicht genommen. Auf der entgegengesetzten Seite geht ein anderer Process vor sich; dort kann man, wenn die Muskelfasern noch ein kolbenförmiges Ansehen haben, eine stärkere Muskelkernvermehrung unter gleichzeitiger Zunahme des sie umgebenden Protoplasmas bemerken. Man sieht eine unterbrochene Schicht von blassem, körnigem Protoplasma mit einer Anzahl eingebetteter, runder oder elliptischer Kerne. Aus dem Protoplasma entstehen mit der Zeit mannigfaltige Hervorragungen und kernhaltige Balken, welche sich unter verschiedenen Winkeln mit einander vereinigen, und auf diese Art bilden sich unregelmässige Vertiefungen, offene Lacunen zwischen denselben. Der Boden der Lacunen besteht aus durchsichtigem, kernhaltigem Protoplasma, durch welches mäandrisch gezeichnete Substanz schimmert. Mit dem Wachsthum des elektrischen Körpers nimmt die Zahl der Balken zu, sie wachsen in die Höhe wie in die Länge, wodurch die Lacunen sich auch vergrössern und tiefer und abgerundeter werden. Auf dem Boden derselben entstehen wieder neue Balken und in Folge dessen neue Vertiefungen. So dauert dieser Process unter beständiger Kernvermehrung und Zunahme des Protoplasmas immer fort bis sich zuletzt der sogenannte Schwammkörper vollständig ausbildet, welcher von der hintern Seite ganz so wie ein Abschnitt von Froschlungen ohne Gefässe aussieht. Was den Fortsatz des früheren kolbenförmigen Körpers betrifft, so verliert er allmählich die Querstreifung und atrophirt. Das geschieht aber sehr spät, und ich beobachtete diese Fortsätze noch an 15 Cm. langen Rochen. Die mäandrisch gezeichnete Substanz bildet nicht bei allen Rochenarten eine zusammenhängende Schicht. Bei Raja quadrooculata wandelt sich die

quergestreifte Muskelsubstanz in starke, kernhaltige und netzartig verflochtene Fasern um, welche de Sanctis irrthümlich für elastische Fasern genommen hat, und als Skelet der pseudoëlektrischen Platten betrachtet.

Ich halte für überflüssig zu erwähnen, dass zwischen den elektrischen Platten sammt den dazu gehörenden Nerven bindegewebige Scheiden sich entwickeln, so dass das elektrische Element von allen Seiten vom Bindegewebe umgeben bleibt; mit anderen Worten, in sogenannte Kästchen eingelagert ist.

An gelungenen Längsschnitten des pseudoëlektrischen Organs kann man an jedem spindelförmigen Hauptabschnitt desselben, welcher aus früheren Muskelbändern entstanden ist, von vorn nach hinten folgende Schichten unterscheiden.

1) Die dichte bindegewebige Scheide, welche theilweise Blutgefässe und auch vereinzelte starke Nervenfasern, oder kleine Bündel derselben enthält.

2) Die Nervenfaserschicht, in welcher ungezwungen drei Lagen zu unterscheiden sind.

a) Die vordere, welche grösstentheils markhaltige dichotomisch getheilte Nervenfasern enthält.

b) Die mittlere, wo ausschliesslich nur marklose mit Schwann'scher Scheide versehene und dichotomisch verzweigte Nervenfasern sind.

c) Die hintere Lage, die von zahlreichen Terminalverzweigungen eingenommen ist.

Der Charakter dieser Terminalverästelung ist ganz derselbe, wie der der Terminalverzweigung an früheren motorischen Endplatten, d. h., die Aestchen sind nicht horizontal gelagert, wie das z. B. bei Torpedo der Fall ist, sondern sie streben in mehr oder weniger senkrechter Richtung zur hinteren Oberfläche der elektrischen Platten. Am Ende schicken sie Sprossen, welche sich in der feinkörnigen Masse verlieren, und so weit meine Erfahrung reicht, weder weit- noch engmaschige Netze bilden, wie Max Schultze sie beschrieben und abgebildet hat. Ausführliches darüber s. im nächstfolgenden Abschnitt dieses Aufsatzes.

3) Die eben erwähnte feinkörnige Masse bildet eigentlich die dritte Schicht.

4) Die vierte Schicht besteht aus mäandrisch gezeichneter Substanz. Zwischen diesen zwei Schichten sind grosse von einem Hof umgebene Kerne eingelagert.

5) Die fünfte Schicht besteht aus dem Schwammkörper. Zwischen demselben und der nächstfolgenden bindegewebigen Schicht existirt ein mit Gallertgewebe erfüllter Raum, in welchem spärliche Biudegewebsfibrillen, feine elastische Fasern, zahlreiche sternförmige Zellen eingebettet sind und auch ernährende Gefässe verlaufen.

6) Weiter kommt wieder eine bindegewebige Schicht u. s. w.

Die anisotropen Scheiben der Muskelfasern verlieren nicht ihre optische Eigenschaft, auch in der mäandrisch gezeichneten Substanz. Wenn man sie im farbigen polarisirtem Licht betrachtet, so stellen sie sich entweder aus blau und purpur, oder aus gelb und purpur gefärbten Streifen bestehend dar, indem die bindegewebige Schicht meistens die umgekehrte Färbung annimmt.

Die Mormyri betreffend, will ich hier nur erwähnen, dass bei ihnen die pseudoëlektrischen Platten sich auf dieselbe Weise entwickeln, wie bei Torpedo und beim Rochen, jedoch mit dem wesentlichen Unterschiede, dass an der Bildung der pseudoëlektrischen Platte der Mormyri viele kaum metamorphosirte und zusammengeschmolzene Muskelfasern theilnehmen, während bei Torpedo und dem Rochen jedes elektrische Element aus einer einzigen metamorphosirten Muskelfaser und sehr entwickelten Nervenendplatte besteht. Die pseudoëlektrischen Platten bei Mormyrus sind eigentlich aus drei dicht zusammengeklebten Blättern zusammengesetzt. Das vordere Blatt besteht nur aus einer ausserordentlich dünnen, structurlosen Membran, welche von der hinteren Seite mit einer Schicht mehr oder weniger feinkörniger Substanz bedeckt ist. Dieses Blatt enthält auch zahlreiche runde Kerne. Das zweite Blatt stellt nichts anderes als sehr abgeplattete, nach verschiedenen Richtungen gelagerte, quergestreifte und zusammengeklebte Muskeln dar. Das hintere Blatt wird durch eine sehr dünne, vor der

inneren (resp. vorderen) Seite mit feinkörniger Schicht bedeckten Membran gebildet. Hier finden sich auch zahlreiche Kerne. Wenn man eine Platte im Ganzen unter dem Mikroskop betrachtet, so stellt sie sich mäandrisch gestreift dar. Die Streifen haben das Aussehen, als ob der eine aus feinen Körnchen, der nächstliegende aber aus einer durchsichtigen structurlosen Masse bestehe. Das sind aber ganz falsche, von sehr leicht anzugebenden optischen Ursachen abhängige Bilder. In Wirklichkeit stellt das mittlere Muskelfaserblatt keine mäandrische Zeichnung dar, sondern die Querstreifungen kreuzen sich unter verschiedenen Winkeln.

Somit glaube ich mit vollstem Recht zu behaupten, was ich schon viele Male ausgesprochen habe: Jedes elektrische und pseudoëlektrische Organ, wenigstens bei Torpedo, bei allen Arten von Mormyrus, bei den Rochen und ganz sicher auch bei Gymnotus, ist ein metamorphosirtes Muskelorgan. Die Degeneration trifft mehr die Muskelfaser als den Nervenendapparat. Dieser entsteht als motorische Endplatte und bleibt als solche bei allen möglichen Metamorphosen der Muskelfasern bestehen. Obwohl die Muskelfasern sich immer nach demselben Gesetze metamorphosiren, wandeln sie sich doch am Ende zu verschiedenen Körpern um, wenn sie auch überall dieselbe genetische Bedeutung haben. Es sind Formen, für welche der Name Platte ganz unpassend ist, und da dieser Name nicht selten mit Nervenplatte verwechselt wird, so glaube ich, dass die „elektrische Patte“ aus der Beschreibung der elektrischen Organe ganz und gar entfernt werden muss. Die Nomenklatur der Hauptbestandtheile dieser Organe wäre am besten nach ihren physiologischen Eigenschaften zu bilden. Da aber diese so gut wie unbekannt sind, so bleibt nichts übrig, als die Nomenklatur auf embryologische, gut bekannte Erscheinungen zu gründen. Man kann sagen: Das elektrische Organ besteht aus elektrischen Elementen; jedes Element zerfällt in zwei Glieder. Das eine Glied entsteht aus Muskelprotoplasma; es muss darum als metasarkoblastisches Glied bezeichnet werden. Der andere Hauptbestandtheil aber muss nervöses Glied genannt werden. Die einzelnen Elemente sind von einander

durch Bindesubstanz, was für eine es auch sei, getrennt und haben immer eine regelmässige Anordnung. Damit, glaube ich, können verschiedenartig gebaute und in verschiedenen Theilen des Körpers gelagerte elektrische Elemente zusammengefasst und auf ein allgemeines Schema reducirt werden. Der morphologische Hauptunterschied zwischen elektrischen und pseudoëlektrischen Organen besteht darin, dass dort embryonale, aber schon contractionsfähige, hier aber schon ganz entwickelte und functionirende Muskelfasern zum metasarkoblastischen Glied sich umzuwandeln beginnen. Dort geht die anisotrope Substanz zu Grunde, hier aber bleibt sie unversehrt bestehen.

Erklärung der Abbildungen Taf. XI.

Zitterroche.

Fig. 1. Eine primitive elektrische Säule — resp. ein Bündel von embryonalen Muskelfasern, dicht mit äusseren Belegzellen umgeben.

Fig. 2. Eine isolirte embryonale Muskelfaser aus dem Bündel.

Fig. 3. Anfang der Metamorphose der embryonalen Muskelfaser (quastenförmiges Gebilde). *A* Plattenbildner; *a* protoplasmatischer Theil; *b* die Kerne; *B* unveränderter Abschnitt der Muskelfaser.

Fig. 4. Weitere Entwickelung des Plattenbildners. Die Bestandtheile sind aus Obigem ohne Weiteres begreiflich.

Fig. 5. Plattenbildner von derselben Stufe der Entwickelung, nur von inneren Belegzellen umgeben.

Fig. 6. Mehr vorgerücktes Stadium des Plattenbildners ohne Belegzellen.

Fig. 7. Ein Stück von der embryonalen elektrischen Säule von eben genannter Stufe der Entwickelung. *a* die Plattenbildner — de Sanctis'sche Schleimzellen; *b* äussere Belegzellen; *c* innere Belegzellen.

Fig. 8. Die Plattenbildner von der Zeit, wo sie schon abgeplattet sind, aber noch nicht den ganzen Diameter der Säule einnehmen. *a* durchsichtige Schicht; *b* Kernschicht; *c* Rest der embryonalen Muskelfaser.

Fig. 9. Optischer Durchschnitt der elektrischen Platte (Max Schultze) des metasarkoblastischen Gliedes (von mir). Die Zellenhaufen, welche die dorsale Oberfläche bedecken, sind entfernt.

Roche.

Fig. 10. Eine Muskelfaser aus dem M. sacrolumbalis von einem sehr kleinen Rochen. *a* die Stelle, wo die Muskelfaser anzuschwellen beginnt und wo die Kernvermehrung stattfindet; *b* motorische Endplatte.

Fig. 11. Nach hinten nächstliegende Muskelfaser.

Fig. 12. Eine Muskelfaser schon zum kolbenförmigen Körper umgewandelt.

Fig. 13. Weitere Entwickelung sowohl des Plattenbildners wie auch der motorischen Endplatte.

Fig. 14. Der Plattenbildner ist von vorne mit Nervenverzweigungen bedeckt. *a* eine Nervenfaser mit Schwann'scher Scheide.

Erklärung der Abbildungen Taf. XII.

Fig. 15. Pseudoëlektrische Platte von der vorderen Seite. Die grossen Kerne gehören der Oberfläche der mäandrischen Schicht. Der Rest der Muskelfaser ist im Begriff zu atrophiren. Von der Nervenfaserschicht ist nur die vorderste, markhaltige, dichotomisch getheilte Lage, der Klarheit wegen, abgebildet.

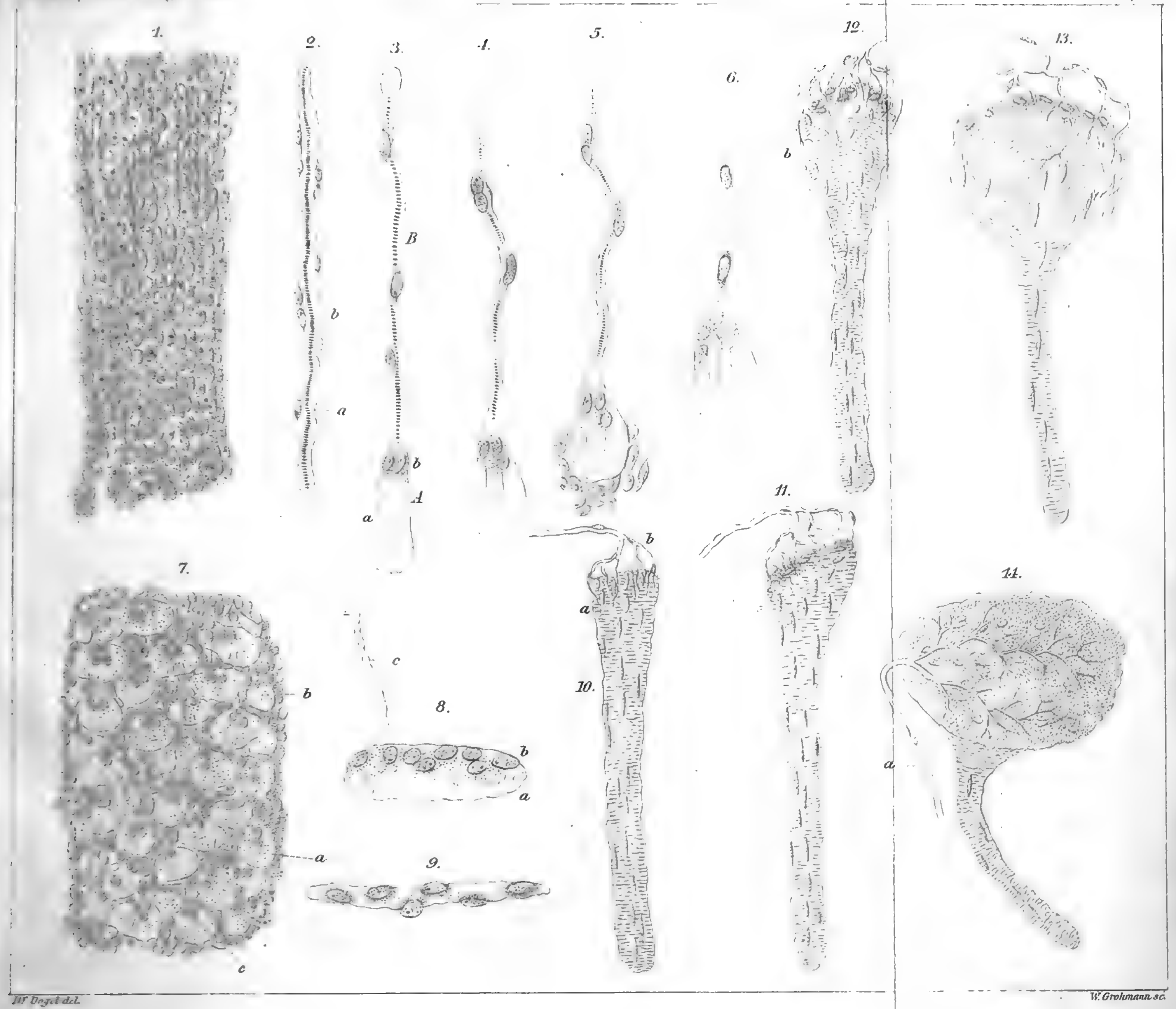
Fig. 16. Die Kehrseite des kolbenföımigen Körpers, welche nach ihrer Stufe der Entwickelung zwischen den in Fig. 12 und 13 gezeichneten Körpern steht. Im Centrum *a* des Plattenbildners findet starke Kernvermehrung und Protoplasmaentwickelung statt.

Fig 17. Anfang der Bildung der Balken aus dem oben genannten Protoplasma (erste Anlage des Schwammkörpers).

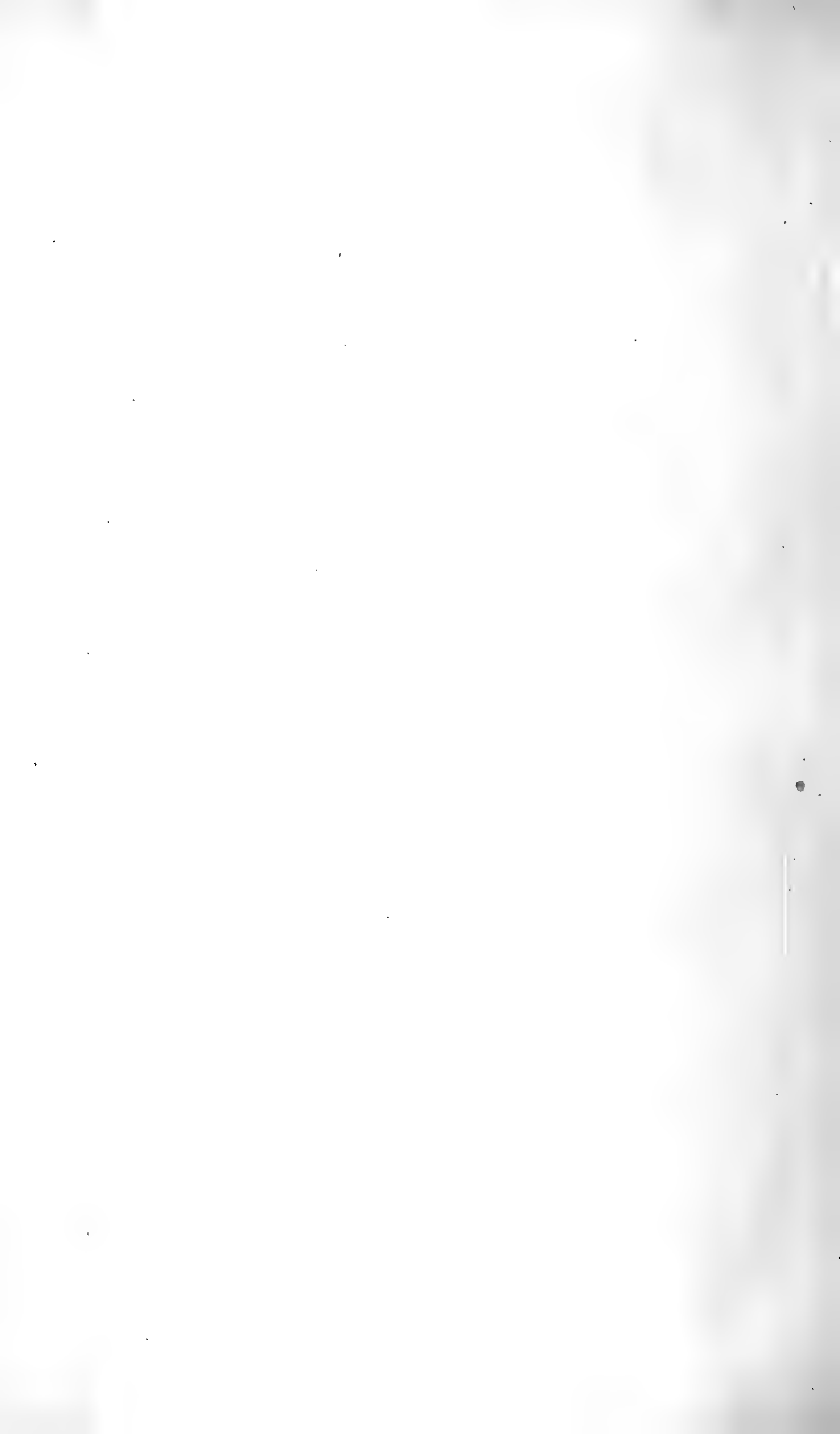
Fig. 18. Kehrseite des pseudoëlektrischen Elementes, welche Fig. 15 abgebildet ist. (Schwammkörper aus Balkennetz bestehend.) Die mäandrische Zeichnung, welche viel tiefer liegt, ist nicht angegeben.

Fig. 19. Kolbenförmiger Körper in polarisirtem Licht.

Fig. 20. Querschnitt von einem sehr jungen aber schon ganz ausgebildeten elektrischen Elemente in polarisirtem Lichte. *a* Bindegewebsschicht; *b* Nervenfaserschicht; *c* mäandrisch gezeichnete Substanz; *d* Schwammkörper; *e* Schleimschicht; *f* Blutgefässe.



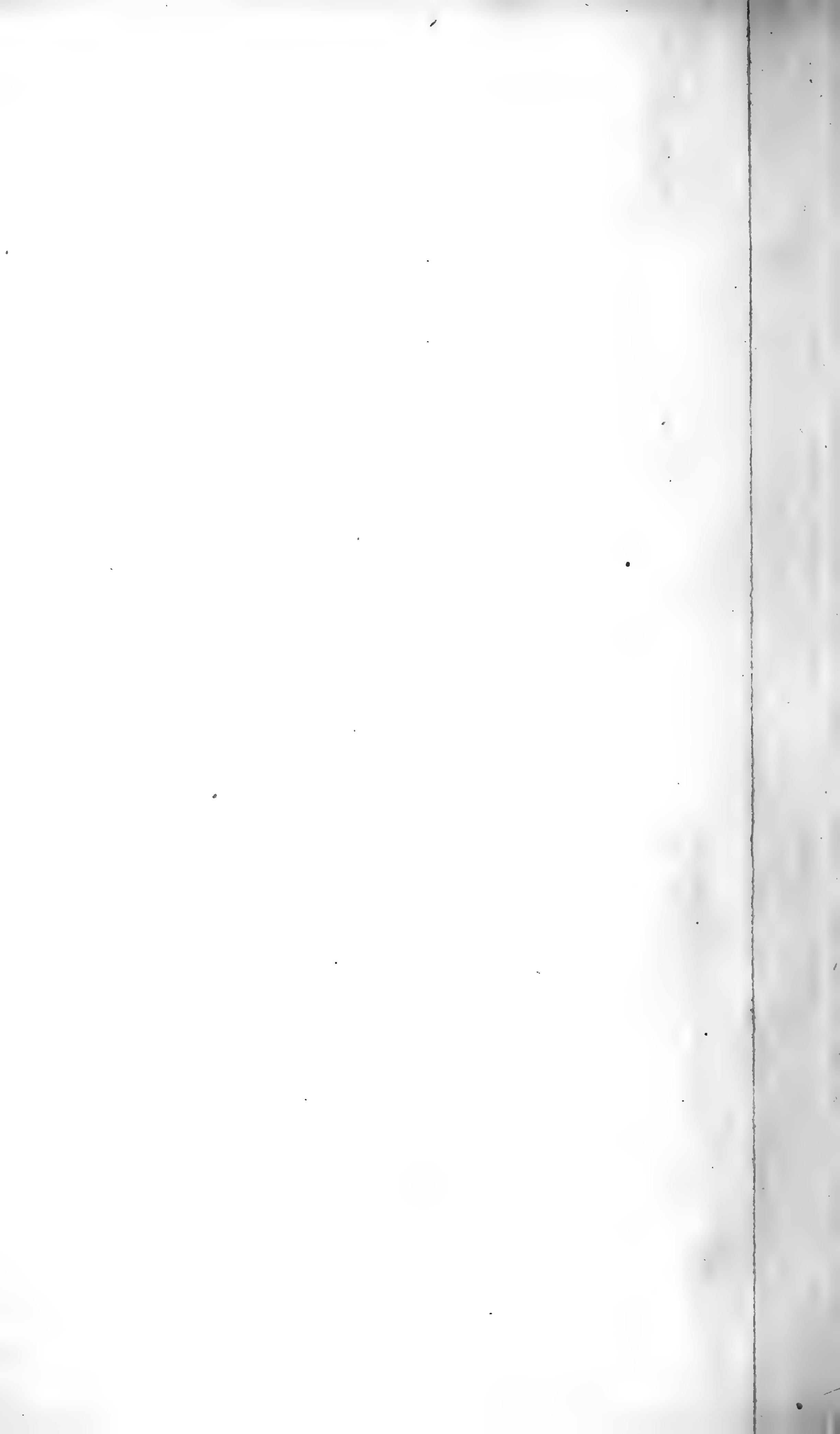
Hr. Vogel del.   W. Grohmann sc.







Dr Vogel del. W. Grohmann sc.



Ein Beitrag zur Kenntniss des vermehrten menschlichen Fruchtwassers (Hydramnion).

Von

Th. Weyl, cand. med.

(Aus dem physiologisch-chemischen Institut des Hrn. Prof. Hoppe-Seyler zu Strassburg i. E.)

Die erste Analyse des vermehrten menschlichen Fruchtwassers (Hydramnion) wurde von Siewert ausgeführt.[1]) Sie ist bisher die einzige geblieben. Die bei derselben befolgte Methode genügt den heutigen Ansprüchen kaum mehr. Glaubt doch Siewert von der Aufsuchung und Trennung der einzelnen organischen Stoffe in der untersuchten Flüssigkeit Abstand nehmen zu können, da dieselben seiner Meinung nach in dem unveränderten Fruchtwasser nicht vorhanden seien, sondern erst durch die Manipulationen der Chemiker aus den Eiweisskörpern entständen! Dem zu Folge fasst er unter dem Namen der „albuminösen Substanzen“ alle organischen Stoffe mit Ausnahme der Fette und des Harnstoffes zusammen. Diese Anschauung ist selbstverständlich unrichtig.

Das Interesse des Arztes an dieser Analyse ist beinahe noch geringer als das des Physiologen, da die zum Verständniss und zur Charakteristik des Falles, von welchem das Fruchtwasser tsammt, nothwendigen klinischen Angaben durchaus fehlen.

Unsere Kenntnisse von der Zusammensetzung des menschlichen Fruchtwassers bei Hydramnion sind also bisher äusserst geringe geblieben. Diese in etwas vermehren zu können, danke

---

1) Zeitschr. f. d. ges. Naturw. 1863. Bd. XXI. S. 146 (Referat Centralbl. f. d. med. Wiss. 1863. S. 399.

ich der Freundlichkeit des Hrn. Prof. Gusserow, welcher mir das Material für die folgenden Analysen überliess und die Benutzung der geführten Krankenjournale gütigst gestattete.

Hydramnion I.

Marie Müller, 22 Jahr alt, Dienstmagd, menstruirte seit dem 15. Jahre regelmässig alle vier Wochen. In ihrem 14. Jahre bestand sie das „Schleimfieber". Sonst ist sie stets gesund gewesen.

Erste Geburt Mai 1871 (Bürgerspital zu Strassburg). Die Geburt dauerte 35 Stunden und wurde durch Kunsthülfe (Zange?) beendigt. Todtes Kind. Bis auf eine Vesico-Vaginal-Fistel normales Wochenbett.

Zweite Geburt 1873:

Seit der ersten Entbindung erschienen die Menses unregelmässig. Noch im Jahre 1871 machte sie die Pocken durch. Sie ist jetzt von gesundem Aussehen. An der Schleimhaut der labia minora suspecte Röthungen. Im achten Schwangerschaftsmonate wurde wegen Beckenenge die künstliche Frühgeburt nach Tarnier eingeleitet. Kind in zweiter Steisslage. Die unreife, lebende Frucht wog 2160 Grm. und war 43 Cm. lang. Gewicht der Placenta 445 Grm. Länge der Nabelschnur 54 Cm. Dauer der Geburt $9^1/_2$ Stunde. Das Kind ging nach zwei Monaten durch schlechte Pflege zu Grunde.

Dritte Geburt November 1875:

Die Kreissende ist von gesundem Aussehen. Abdomen stark aufgetrieben. Deutliche Fluctuation. Geburt spontan im siebenten Schwangerschaftsmonate. Schädellage. Wendung auf die Füsse. Das weibliche todte Kind wog 1447 Grm. und war 35 Cm. lang. Gewicht der Placenta 650 Grm. Länge der Nabelschnur 59 Cm. 5500 Ccm. Fruchtwasser. Geburtsdauer $9^3/_4$ Stunden.

Das Fruchtwasser war fast klar, gelblich, von alkalischer Reaction. Spec. Gewicht 1·007. 50 Ccm. der filtrirten, völlig klaren Flüssigkeit wurden in einer Platinschale zur Trockne verdunstet und im Luftbade bei 120° so lange getrocknet, bis sich keine Gewichtsabnahme mehr bemerklich

machte. Der feste Rückstand betrug 11·85 p. M. Derselbe ergab bis zum völligen Verschwinden der Kohle geglübt 6·55 p. M. anorganische Stoffe. Hieraus wurde die Summe der organischen Stoffe zu 5·3 p. M. berechnet. Der Wassergehalt betrug somit 988·15 p. M.

Mucin. Versetzte man die Flüssigkeit mit wenigen Tropfen einer verdünnten Essigsäure, so erfolgte ein deutlicher Niederschlag, der sich im Ueberschusse der Säure nur unvollkommen löste. Der Niederschlag reducirte nach dem Kochen mit verdünnter H_2SO_4 Kupfer in alkalischer Lösung, war somit Mucin.[1]) Dieser Körper liess sich aus seiner natürlichen Lösung durch CO_2 + viel H_2O nicht fällen. Hierdurch war die Möglichkeit gegeben über die im Fruchtwasser enthaltenen und durch $H_2O + CO_2$ fällbaren Globulinsubstanzen (siehe unten) Aufschluss zu erhalten. — Zur quantitativen Bestimmung des Mucins wurden 50 Ccm. Fruchtwasser mit einem grossen Ueberschuss mässig starker Essigsäure versetzt und drei Tage hindurch bei niederer Temperatur stehen gelassen. Der Niederschlag wurde auf aschefreiem, gewogenem Filter mit Wasser, Alkohol und Aether ausgewaschen und bei circa 120° im Luftbade getrocknet. Die Wägung ergab 0·1 p. M. Mucin.

Das Vorkommen dieses Körpers im menschlichen Fruchtwasser ist bereits von Scherer[2]) nachgewiesen worden. Seine Angaben scheinen in Vergessenheit gerathen zu sein; wenigstens finde ich sie in den Lehrbüchern von Kühne, Gorup-Besanez (dritte Auflage) und Hoppe-Seyler (vierte Auflage) nicht erwähnt. —

Das Mucin im Fruchtwasser stammt vielleicht aus der Wharton'schen Sulze des Nabelstrangs, in welcher sein Vorkommen constatirt ist.[3])

Eiweisskörper. Das Vorhandensein von „Eiweiss“ in

---

1) Hoppe-Seyler: Handbuch u. s. w., vierte Auflage, S. 260.

2) Scherer: Zeitschrift f. wiss. Zoologie. Bd. I. S. 89 (1849). — Lassaigne (Ann. de chim. et de phys. t. XVII. p. 300 (1821) scheint einen ähnlichen Körper im Fruchtwasser der Kuh gefunden zu haben.

3) Hoppe-Seyler: Handbuch u. s. w., vierte Auflage, S. 259.

der Flüssigkeit liess sich mit den bekannten Reactionen nachweisen.

Das mit verdünnter Essigsäure neutralisirte Fruchtwasser zeigte nach Sättigung mit NaCl (Steinsalz) noch nach 48 Stunden keine Fällung. Die Flüssigkeit konnte also wesentliche Mengen von Myosin, fibrinoplastischer (Paraglobulin) und fibrinogener Substanz nicht enthalten. Es ist dies zugleich ein Zeichen dafür, dass das Fruchtwasser mit Blut kaum verunreinigt war.

Verdünnte man das Fruchtwasser mit dem 20fachen Volum destillirten Wassers und leitete andauernd CO_2 hindurch, so erfolgte mit Eintritt der schwach sauren Reaction eine nicht unbedeutende Fällung eines Körpers, der sich durch seine Löslichkeit in NaCl-Lösung (10 pCt.) als Globulinsubstanz documentirte. Kurze Zeit nach der Fällung[1]) löste sich der Niederschlag vollkommen in der NaCl-Lösung auf. Es war also das Mucin (s. o.) durch $H_2O + CO_2$ nicht mitgefällt worden.

Der durch $H_2O + CO_2$ erhaltene Niederschlag wurde durch Filtration in der Kälte isolirt und in NaCl (10 pCt.) gelöst. Die Lösung reagirte neutral. Sie gerann bei 75—80°. Der gefällte Körper war also Vitellin[2]) (Hoppe-Seyler) oder eine demselben sehr nahestehende Globulinsubstanz. Die Herkunft und physiologische Bedeutung dieses Körpers an dieser Stelle bleibt zunächst vollkommen unverständlich.

Die klare, über dem Vitellin-Niederschlage befindliche Flüssigkeit gab, nachdem durch verdünnte Essigsäure eine Fällung nicht mehr erreicht werden konnte, noch einmal beim Kochen Coagulation. Hierdurch ist das Vorhandensein von Serumalbumin wahrscheinlich gemacht.

---

1) Lässt man den gefällten Körper längere Zeit mit H_2O in Berührung, so lösst er sich in NaCl nicht mehr vollkommen. Er ist in ein Albuminat verwandelt.

2) Hoppe-Seyler: Handbuch, 4. Auflage, S. 235 und Weyl: Pflüger's Archiv, Bd. XII, S. 635.

Die quantitative Bestimmung des „Gesammt-Eiweisses" ergab, nach Scherer's[1]) Methode ausgeführt, 3·5 p. M.

Allantoin. Das Vorhandensein dieses Körpers wurde durch Darstellung einer organischen Ag- und Hg-Verbindung wahrscheinlich gemacht, welche ich nach dem Meissner'schen[2]) Verfahren aus circa 300 Ccm. Fruchtwasser erhielt. Nach Zersetzung dieser Verbindung durch $H_2 S$ gewann ich aus der concentrirten wässrigen Lösung beim Trocknen über $H_2 SO_4$ Krystalle, welche mit denen des Allantoins übereinzustimmen schienen. Zu einer Ag-Bestimmung reichte das gewonnene Material nicht aus.

Auf Harnsäure wurde nicht geprüft.

Harnstoff. Der Nachweis von Harnstoff gelang nach Entfernung der Eiweisskörper durch Coagulation, Ausfällung der Phosphorsäure und der Chloride durch die Liebig'sche Reaction; ferner nach Neutralisation des Fruchtwassers mit verdünnter Essigsäure durch das Fermentpapier von Musculus;[3]) endlich durch Darstellung der Krystalle, welche in $H_2 O$ oder Alkohol gelöst die bekannten Reactionen zeigten.

Zucker liess sich nicht nachweisen (vergl. Hydramnion II.)

Beim Aufsuchen der Milchsäure nach dem Verfahren von Liebig,[4]) wurde ein entscheidendes Resultat nicht erhalten.[5])

In dem HCl-Auszug der Asche fand sich CaO, der als oxalsaurer Kalk nachgewiesen wurde.[6])

Hydramnion II.

Barb. Hirn, 27 Jahre alt, Dienstmädchen, war stets gesund und menstruirte seit dem 15. Jahre meist regelmässig in dreiwöchentlichen Perioden. — Erste Geburt: 1869 normal, ohne Kunsthülfe. Das Kind starb nach neun Monaten. Zweite Ge-

1) Hoppe-Seyler: Handbuch, 4. Auflage, S. 336.

2) Hoppe-Seyler: Handbuch, S. 175.

3) Musculus: Pflüger's Archiv XII, S. 214.

4) Hoppe-Seyler: Handbuch. S. 96.

5) Siehe Hydramnion II.

6) Siewert a. a. O. konnte CaO in der Asche des von ihm untersuchten Fruchtwassers nicht auffinden.

burt 1874: Schieflage. Wendung. Profuse Blutung nach der Geburt. Kind lebte 1/4 Jahr.

Dritte Geburt den 20. Januar 1876: Die Kreisende ist kräftig gebaut. Gesichtsfarbe etwas blass. Seit der ersten Entbindung besteht unterbrochen Fluor albus. Die Messung ergab ein fast normales Becken. Starke Fluctuation des Leibes. Andauernde Krampfwehen. Künstlicher Blasensprung. Das Kind, weiblichen Geschlechts, stellte sich in zweiter Schädellage und ward ohne Kunsthülfe geboren. Es lebte, war aber schlecht entwickelt. Länge 46 Cm. Gewicht 2380 Grm. Es entsprach also ungefähr der Mitte des neunten Monats.

Die Placenta wog 460 Grm. Länge der Nabelschnur 46 Cm. Dauer der Geburt 22 Stunden. Es wurden 4000 Ccm. Fruchtwasser aufgefangen.

Das Kind starb nach 24 Stunden. Die Section ergab starke Atelektase der Lunge, besonders des mittleren rechten Lappens. Nirgends Oedeme. Das Wochenbett verlief normal.

Das Fruchtwasser ist mit geringen Spuren von Blut verunreinigt, von röthlich gelber Farbe, etwa trübe. Sparsame Fibrincoagula. Reaction neutral oder schwach alkalisch. Menge 4000 Ccm. Spec. Gewicht 1·008.

Die Analyse dieses Fruchtwassers wurde nach Hoppe-Seyler's Angaben[1]) mit geringen Abänderungen ausgeführt. Die Resultate derselben sind unten zusammengestellt.

Mucin wurde in einer besonderen Portion nach der bei Hydramnion I angegebenen Methode bestimmt.[2]) Es wurden 0·2 p. M. erhalten.

Von Eiweisskörpern enthielt die Flüsigkeit ausser Serumalbumin auch noch Paraglobulin (fibrinoplastische Substanz). Letzterer Körper ist wahrscheinlich als Verunreinigung durch das Blut zu betrachten. Da, wie ich mich überzeugt habe, Paraglobulin aus seinen neutralen Lösungen durch NaCl bei Sättigung nicht vollkommen[3]) ausgefällt wird,

1) Hoppe-Seyler: Handbuch, S. 373.

2) Wenn nicht anders angegeben ist, so gelten im Folgenden für den Nachweis der Körper die bei Hydramnion I befolgten Methoden.

3) Weyl: Pflüger's Archiv, Bd. XII, S. 636.

so konnte nicht versucht werden, das Vorhandensein des vitellinartigen Körpers (vergl. Hydramnion I) zu constatiren, welcher durch CO_2 oder durch H_2O + verdünnte Essigsäure in gleicher Weise wie das Paraglobulin gefällt worden wäre und noch dazu in 10pCt. NaCl-Lösung denselben Coagulationspunkt[1]) hat wie dieses.

Wir haben also bisher kein Mittel Paraglobulin und Vitellin nachzuweisen, wenn sie in derselben Flüssigkeit neben einander vorkommen.

Harnstoff wurde sicher, Allantoin mit grösster Wahrscheinlichkeit constatirt. Das Allantoin stammt jedenfalls aus dem Harne des Foetus.[2]) Sein Vorkommen im Fruchtwasser ist ein neuer Beweis dafür, dass der Harn des Kindes eine Quelle des Fruchtwassers ist.[3])

Da Frerichs und Staedler, später auch Köhler[4]) das Allantoin im Harne von Hunden nach gestörter Respiration auftreten sahen, so wäre zu untersuchen, ob sich dieser Körper im Fruchtwasser und Harne von Kindern, welche stark asphyktisch geboren werden, vielleicht besonders reichlich vorfindet.

Zucker konnte in diesem Fruchtwasser ebensowenig constatirt[5]) werden als in Hydramnion I. Das Fehlen dieses

---

1) Weyl: Pflüger's Archiv, Bd. XII, S. 636.

2) Hoppe-Seyler: Handbuch, S. 174. — Gorup-Besanez: phys. Chemie (3. Auflage) S. 246; — Neubauer und Vogel: Harnanalyse (7. Auflage) S. 111; — Parrot et Robin: Compt.-Rend. 1876, p. 105 und Archiv. gén. de méd. 1876, p. 312 und 329 No. 9.

3) Will man durch die S. 547 angegebenen Reactionen das Vorhandensein des Allantoins im Fruchtwasser aus dem siebenten Schwangerschaftsmonate für bewiesen erachten, so wäre zu folgern, dass der Fötus bereits im siebenten Monate in das Fruchtwasser urinirt.

4) Neubauer und Vogel: Harnanalyse, 7. Auflage, S. 409. — Gorup-Besanez: phys. Chem. S. 610.

5) Auch Cl. Bernard (Physiol. expér. I, 403 [1855]) und Majewsky (de substantiarum quae liquoribus amnii et allantoidis insunt diversis rationibus. Diss. inaugrls. Dorpat 1858 [citirt nach Schmidt's Jahrbücher, Bd. CI, S. 155]) fanden, im menschlichen Fruchtwasser niemals Zucker.

Körpers scheint für das menschliche Fruchtwasser charakteristisch zu sein. Im Fruchtwasser des Schweins und der Kuh wurde Zucker von Majewsky und anderen stets aufgefunden.[1])

Aus circa 500 Ccm. Fruchtwasser liess sich nach Liebig's Methode zur Aufsuchung der Milchsäure[2]) das Zink-Salz einer Säure darstellen, welches in seinen chemischen Eigenschaften mit denen des milchsauren Zinks übereinstimmte. Das erhaltene Material war für eine Zink-Bestimmung nicht ausreichend.

Kalk wurde im HCl-Auszuge der Asche nachgewiesen (vergl. Hydramnion I).

Zusammenstellung der Analysen des vermehrten menschlichen Fruchtwassers (Hydramnion).

	Siewert a. a. O.	Weyl.	Weyl.
Zahl der Schwangerschaft	keine Angabe	3	3
Monat der Schwangerschaft	keine Angabe	VII	IX (Mitte)
Spec. Gewicht	1·021	1·007	1·008
Wasser	985·88	988·15	988·22
Fester Rückstand	14·12	11·85	11·78
Organische Stoffe	7·06	5·30	6·13
Asche	7·057	6·55*	5·65*
Lösliche Salze	—	—	5·46
Unlösliche Salze	—	—	0·19
Wasser-Auszug	—	—	1·48
Aether-Auszug	—	—	1·04
Fette	0·277	—	—
Alkohol-Auszug	—	—	1·04
Zucker	nein	nein	nein
Milchsäure	—	zweifelhaft	wahrscheinl.
Eiweiss	—	3·50	2·37
Serumalbumin	—	wahrscheinl.	wahrscheinl.
Vitellin	—	ja	—
Mucin	—	0·1	0·2
Harnstoff	0·352	ja	ja
Allantoin	—	wahrscheinl.	wahrscheinl.
Albuminöse Substanzen	6·434	—	—
Ca	nein	ja	ja

* Die Werthe für die Aschen sind durch zu lange fortgesetztes Glühen wohl etwas zu niedrig ausgefallen.

1) Majewsky a. a. O.

2) Hoppe-Seyler: Handbuch, S. 96.

Soweit die Analysen.

Ehe wir daran denken könnten, dieselben zu irgend welchen Schlüssen zu benutzen, ist sicher zu stellen, dass es sich in den beiden mitgetheilten Fällen wirklich um Hydramnion gehandelt hat.

H. Jungbluth[1]) hat bekanntlich in den von ihm unter Rindfleisch's Leitung untersuchten Fällen von Hydramnion Capillargefässe — von ihm als Vasa propria bezeichnet — in der oberflächlichsten, dem Amnion dicht anliegenden Schicht der Placenta durch Injection nachgewiesen. Da er diese Gefässe bei normaler Fruchtwassermenge stets obliterirt fand, schloss er, dass Hydramnion durch das Offenbleiben dieser Gefässe und durch die anormale Fortdauer des Transsudationsprocesses aus dem Blut entstände, welcher bei Obliteration dieser Capillaren zur physiologischen Zeit unmöglich gemacht sei. Diese Beobachtungen Jungbluth's haben durch Lewison[2]) ihre Bestätigung gefunden.

In jüngster Zeit versuchte nun Sallinger in seiner unter Frankenhäuser's Leitung angefertigten Dissertation Jungbluth's Lehre der Entstehung von Hydramnion zu erschüttern. „Mechanische Störungen des foetalen Kreislaufes, oder Veränderungen der foetalen Blutmasse, nicht besondere anatomische Einrichtungen der Placenta, wie Jungbluth will, erzeugen das Hydramnios.“ [3])

In den zwei Fällen von Hydramnios, welche oben mitgetheilt sind, wurden keine Gründe für die Annahme einer mechanischen Störung des foetalen Kreislaufs aufgefunden.

---

1) H. Jungbluth: Beitrag zur Lehre vom Fruchtwasser und seiner übermässigen Vermehrung. Jnaugr. Dissert. Bonn 1869.

2) Lewison: Bidrag til Laron om Fostervandet og den abnorme Forygelse af dettes Monz de Kjöbenharn. Kurzes Referat in Virchow-Hirsch's Jahresbericht für 1873, II, 650. Das Original war mir nicht zugänglich.

3) Sallinger: Ueber Hydramnios im Zusammenhange mit der Entstehung des Fruchtwassers. Inaugr. Dissert. Zürich 1875. S. 18. — Ich verdanke die Kenntniss dieser Abhandlung der Freundlichkeit des Hrn. Cand. med. A. Hoffmann in Strassburg.

Dass in Fällen von Hydramnion eine Veränderung der foetalen Blutmasse vor sich gegangen wäre, ist meines Wissens von Niemand bewiesen.

Jungbluth's Vasa propria sollen mit der Entstehung von Hydramnion nichts zu thun haben, weil Sallinger[1]) Fälle kannte, „bei welchen gerade in den späteren Monaten der Schwangerschaft eine plötzliche und rapide Vermehrung des Fruchtwassers beobachtet wurde, und schon durch Gassner's Untersuchungen nachgewiesen ist, dass die Fruchtwassermenge in den letzten Monaten der Gravidität nicht ab- sondern zunimmt“.

Sind das wirklich Einwände gegen Jungbluth's Anschauungen?

Wie, wenn die fast obliterirten Vasa propria bei einer plötzlichen Drucksteigerung im mütterlichen Kreislauf dem ungestümen Andrange des Blutstromes nicht hätten widerstehen können und nach Loslösung oder Zertrümmerung der frischen Thromben eine neue Transsudation in die Amnioshöhle hätten gestatten müssen?

Ferner ergiebt sich aus Gassner's Beobachtungen,[2]) dass die Zunahme des Fruchtwassers vom siebenten bis zum zehnten Monate der Schwangerschaft ungefähr 0·87 Kilgr. beträgt.

Sollte sich also nicht die Zunahme des Fruchtwassers in den letzten Schwangerschaftsmonaten mit Leichtigkeit durch die auch von Sallinger[3]) acceptirte Thatsache erklären lassen, dass der Foetus in's Fruchtwasser urinirt?

Wie dem auch sei — jedenfalls ist dadurch, dass Sallinger eine unter hohem Drucke durch die Nabelvene gepresste Flüssigkeit, an deren Oberfläche transsudiren sah,[4]) nicht „zugleich der Nachweis geliefert . . . ., dass es keiner eignen Gefässe (vasa propria) zur Abscheidung . . . . . . (des Fruchtwassers) bedarf.“[5])

---

1) A. a. O., S. 76.

2) Gassner: Monatsschrift für Geburtskunde XIX, 31 (1862)

3) A. a. O., S. 60.

4) A. a. O., S. 78. Versuch Nr. 2.

5) A. a. O., S. 76. — Sallingers Transsudationsversuche von der uterinen Fläche der Placenta aus (S. 100) sind erst recht nicht be-

Gesetzt aber auch, die Transsudationsversuche Sallinger's hätten bewiesen, „dass[1]) sowohl das Fruchtwasser sowie auch dessen übermässige Vermehrung (Hydramnios) das directe Transsudationsproduct der Vene der Nabelschnur und deren Verzweigungen in der Placenta foetalis ist," so bliebe immer noch zu beweisen übrig, dass normales und vermehrtes nicht auch durch die Vasa propria transsudiren könnten.

Sallinger hat sich offenbar von dem Vorhandensein oder Fehlen der Vasa propria überhaupt nicht überzeugt; er hat — was für ihn nahe genug liegen musste — nicht einmal versucht, die Vasa propria in der Placenta einer ausgetragenen Frucht bei normaler Fruchtwassermenge nachzuweisen und dadurch Jungbluth's Lehre zu entkräften.

Für mich bleibt es also vorläufig bei Jungbluth's Lehre. Ja, ich bin geneigt anzunehmen, dass bei Hydramnion die Störungen im mütterlichen und im foetalen Kreislaufe zum grösseren Theile nicht Ursache sondern Folge des Hydramnion sind.

Obgleich nun in den zwei Fällen, deren Fruchtwasser von mir untersucht wurde, weder mechanische Störungen des foetalen Kreislaufs noch Veränderungen der foetalen Blutmasse constatirt wurden, so halte ich mich trotzdem für berechtigt sie als Hydramnion zu bezeichnen.

Es geschieht dies in Uebereinstimmung mit Schröder,[2]) der jede übermässige Anhäufung von Fruchtwasser in der Amnionhöhle — ohne Rücksicht auf deren Entstehung — Hydramnion nennt.

In unserem Falle I wurden über 5·5 K. Fruchtwasser aufgesammelt, in Fall II 4 K. Wir finden also, wenn wir Gassner's Angaben[3]) zu Grunde legen: 1·004 K. für den siebenten Monat, 1·618 K. für den neunten Monat — das Fruchtwasser im Fall I um 4·5 K., im Fall II um 2·4 K. vermehrt.

---

weisend. — Ich glaube, dass bei genügendem Druck die meisten thierischen Gewebe Flüssigkeiten durch sich durchlassen werden.

1) A. a. O. S. 76.

2) Schröder: Lehrbuch der Geburtshülfe. 4. Aufl. S. 409.

3) Gassner: Monatsschrift für Geburtskunde (1862). Bd. 19, 31.

Ferner darf ich hinzufügen, dass es Hrn. Prof. Waldeyer gelang, im Amnios von Fall I die Vasa propria durch Injection nachzuweisen.[2])

Gestützt auf Gassner's Angaben über die normale Fruchtwassermenge, auf Schröder's Definition des klinischen Begriffes Hydramnion, endlich auf den Nachweis der Jungbluth'schen Capillaren in Fall I, sind wir anzunehmen berechtigt, dass es sich in den beiden mitgetheilten Fällen um Hydramnion gehandelt habe. Welche Schlüsse gestatten nun die mitgetheilten Analysen?

Durch Scherer's,[3]) Majewsky's,[4]) Gassner's[5]) und Anderer Arbeiten sind die Veränderungen des normalen menschlichen Fruchtwassers in den einzelnen Schwangerschaftsmonaten mit einiger Sicherheit ermittelt worden.

Es musste versucht werden, ob sich ähnliche Gesetze nicht auch für das Fruchtwasser bei Hydramnion auffinden liessen, was bisher nicht geschehen ist.

Da nur die eine oben besprochene Analyse des vermehrten Fruchtwassers von Siewert publicirt ist, muss dieser Versuch für jetzt unterbleiben.

Als ich nun ferner die mir zugängliche Literatur durchsuchte, um Analysen des normalen menschlichen Fruchtwassers aus dem siebenten und neunten Schwangerschaftsmonate aufzufinden und deren Ergebniss mit den Resultaten der Analysen des Fruchtwassers bei Hydramnion zu vergleichen, ergab sich, dass solche bisher nicht existiren, obgleich sich Chemiker und Physiologen bereits seit mehr als fünfzig Jahren[6]) mit der chemischen Zusammensetzung dieser Flüssigkeit beschäftigen.

---

2) In Fall II konnte der Nachweis der Vasa propria aus äusseren Gründen nicht versucht werden.

3) Scherer: Zeitschrift für wiss. Zoologie. I, 89 (1849) und Würzburger Verhandlg. II, 2 (1851).

4) Majewsky, a. a. O.

5) A. a. O.

6) Die erste Analyse des menschlichen Fruchtwassers von Buniva und Vauquelin stammt aus dem Jahre 1800. Ich kenne bisher überhaupt nur 15 Analysen dieser Flüssigkeit und habe Grund zu zweifeln, dass sich in der Literatur mehr vorfinden.

Die Beantwortung der aufgeworfenen Fragen möchte dem Einzelnen kaum gelingen.

Hier ist für Viele ein Feld zu lohnender Arbeit.

Hrn. Prof. Hoppe-Seyler, meinem verehrten Lehrer, sage ich für seine freundliche Unterstützung, die mir auch bei dieser Arbeit zu Theil wurde, meinen besten Dank.

Strassburg i. E., August 1876.

Ueber das Verhältniss der Kohlensäure-Abgabe zum Wechsel der Körperwärme.

Von

Dr. Hugo Erler.

(Aus dem physiologischen Institut zu Königsberg i. Pr.)

Es ist eine bekannte Thatsache, dass den respiratorischen Gasaustausch, d. h die Umwandlung der O-reichen Inspirationsluft in O-ärmere und CO_2-reichere Exspirationsluft die mannigfaltigsten Umstände beeinflussen. So wissen wir, dass nicht nur die Athembewegungen, wie Athemfrequenz und Tiefe der Athemzüge, sondern auch das Lebensalter, die Ernährung, die Beschaffenheit der Einathmungsluft u. s. w. auf den CO_2-Gehalt der Exspirationsluft von erheblichem Einfluss sind. Da nun die thierische Wärme mit den Lebensprocessen des Thiers gradezu identisch ist, und da als Maass für die vitalen Processe ein Product derselben, die CO_2, angesehen wird, so musste von vornherein angenommen werden, dass mit den Aenderungen der Temperaturen im thierischen Körper ebenfalls ähnliche Aenderungen der CO_2-Ausscheidungen einhergehen werden. Es war daher die Aufgabe der vorliegenden Arbeit, genauer zu prüfen, welchen Einfluss der Temperaturwechsel im thierischen Körper auf die CO_2-Ausscheidungen ausübe. Es schliessen sich meine hierüber angestellten Versuche an die unlängst im Druck erschienene Arbeit von A. Adamkiewicz: Die Analogien zum Dulong-Petit'schen Gesetz u. s. w.[1]) an, auf dessen Anregung

1) Dies Archiv 1875. S. 78.

sie unternommen ist, indem ich das Verhältniss der CO_2-Abgaben zu denjenigen Temperaturänderungen, deren Gesetze in der erwähnten Schrift näher erörtert sind, festzustellen suchte.

Methode.

Der Apparat, welchen ich zu meinen Untersuchungen benutzte, war folgendermaassen construirt: Dem Thier wurde über die Schnauze eine Kautschuckkappe mit gabelförmig getheiltem Rohr gezogen, durch dessen einen Arm, welcher mit einem Müller'schen Flaschenventil in Verbindung stand, die Inspirationsluft einströmte; der andere Arm, der Weg der Exspirationsluft, stand durch einen Kautschuckschlauch mit einer gekrümmten Glasröhre in Verbindung, in welcher sich mit concentrirter Schwefelsäure getränkte Glasperlen befanden, um den in der Exspirationsluft enthaltenen Wasserdampf zu binden. Von da strömte die Luft durch den mit Kalilauge zur Hälfte erfüllten Geissler'schen Kugelapparat zur Absorption der CO_2. Dieser letztere Apparat wurde vor und nach jedem Versuch auf's genaueste gewogen; die Differenz zeigte dann die Menge der absorbirten CO_2 an. Um den Moment zu erkennen, wo die Kalilauge von der aufgenommenen CO_2 gesättigt war, stand diese letzte Vorrichtung noch mit einer Barytlösung in Verbindung, die sich trübte, sobald CO_2 mit übergeführt wurde, und so den Zeitpunkt angab, die gesättigte Kalilauge zu erneuern. War das Respirationshinderniss wegen der verschiedenen flüssigen Medien, welche die exhalirte Luft durchströmen musste, für besonders kleine Thiere zu gross, so verband ich den ganzen Apparat mit einer Saugvorrichtung, bestehend in einer mit Wasser gefüllten Flasche, an deren Boden sich zum Abfluss des Wassers ein Ausflussrohr befand, so dass durch Verringerung der Wassermenge im oberen Theil der Flasche ein luftverdünnter Raum entstand, der die im Apparat befindliche Luft ansog.

Als Versuchsthiere dienten mir Kaninchen, deren Gewicht und Temperatur vor jedem Versuch festgestellt und deren CO_2-Abgaben zuerst im freien Zustand gemessen wurden, ehe

ihre Temperatur physiologisch oder physikalisch modificirt wurde. Wie schon erwähnt, schliessen sich meine Untersuchungen an die Wärmebestimmungen von Adamkiewicz an, der zunächst feststellte, dass, sobald man Thieren die Freiheit nimmt, ihre Temperatur continuirlich bis zu einer gewissen Grenze, die „minimale“ von ihm genannt, herabsinkt, dann aber Schwankungen unterworfen ist, die bald über bald unter das Niveau jener Grenze fallen und bezüglich des Umstandes, dass dieser Temperaturabfall lediglich eine Folge der Muskelruhe ist, nennt er ihn einen „physiologischen“. Meine Versuche sind gewissermaassen Controlversuche zu den seinigen, die nur insofern eine Erweiterung erlitten haben, als ausser der Temperatur noch die jedesmalige CO_2-Abgabe unter den verschiedenen Bedingungen gemessen worden ist.

Es wurden daher zur ersten Reihe meiner Versuche Kaninchen verschiedenen Gewichts auf das von Czermak angegebene Brett gebunden und ihre CO_2-Ausscheidung nach vorheriger Messung der Temperatur bestimmt.

I. CO_2-Abgaben im gefesselten Zustand.

Ist Adamkiewicz's Bezeichnung und Erklärung des physiologischen Temperaturabfalls die richtige, so muss nachzuweisen sein, dass mit dem Abfall der Temperatur während der Ruhe ein Abfall der CO_2 stattfinde: denn das Sinken der Temperatur soll ja nur durch Verminderung der Oxydationsprocesse im Muskel entstehen, und eine solche Verminderung muss sich an der Veränderung der Oxydationsproducte erkennen lassen.

Die Versuche der ersten Reihe wurden daher an Kaninchen im freien und gefesselten Zustand bei einer Zimmertemperatur von 15—18° Cels. angestellt; die Zeit, während welcher die Thiere im Apparat athmeten, dauerte stets zehn Minuten; die Resultate sind im Folgenden tabellarisch zusammengestellt.

Tabelle Nr. 1.

Nr.	Temperatur-Grad Cels. Umgebung.	Temperatur-Grad Cels. Thier.	CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
1	15·6	39·1	0·060			
2			0·040	0 050	1020	0.0049
3			0·050			
			Gefesselt:			
1		38·0	0·038			
2		36·25	0·055			
3		36·55	0·046	0·042		0·0041
4		36·5	0·030			
5		36·7	0·038			

Tabelle Nr. 2.

Nr.	Temperatur-Grad Cels. Umgebung.	Temperatur-Grad Cels. Thier.	CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
1	14·4	39·2	0·073			
2			0·070	0·074	1020	0·0072
3			0·078			
			Gefesselt:			
1		38·4	0·074			
2		37·2	0·062			
3		37·6	0·052	0·059		0·0057
4		37·4	0·050			
5		37·4	0·060			
6		37·8	0·056			

Tabelle Nr. 3.

Nr.	Temperatur-Grad Cels. Umgebung.	Temperatur-Grad Cels. Thier.	CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
1	19·2	39·7	0·049	0·045	1112	0·0040
2			0·042			
			Gefesselt:			
1		39·6	0 032	0·029		0·0026
2		39·1	0·048			
3		38·8	0·028			
4		38·5	0·020			
5		38·4	0·016			
6		38·2	0·038			
7	18·0	38·6	0·032			
8		38·5	0·018			

Tabelle Nr. 4.

Nr.	Temperatur-Grad Cels. Umgebung.	Temperatur-Grad Cels. Thier.	CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
1	15·6	39·5	0·048	0·050	1112	0·0045
1			0·054			
			Gefesselt:			
1	16·8	39·1	0·048	0·031		0·0027
2		38·4	0·051			
3		38·25	0·034			
4		38·1	0·041			
5		38·1	0·035			
6		38·0	0·024			
7		37·7	0·022			
8		37·5	0·014			
9		38·0	0·024			
10		37·9	0·020			

Tabelle Nr. 5.

Nr.	Temperatur-Grad Cels.		CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
	Umgebung.	Thier.				
1	16·8	39·1	0·041		1372	
2			0·032	0·045		0·0032
3			0·062			
			Gefesselt:			
1		38·5	0·024			
2		37·7	0·030			
3		37·3	0·025	0·022		0·0016
4		37·3	0·019			
5		37·2	0·014			

Tabelle Nr. 6.

Nr.	Temperatur-Grad Cels.		CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
	Umgebung.	Thier.				
1	15·0	39·2	0·081		1372	
2			0·092	0·095		0·0069
3			0·114			
			Gefesselt:			
1	15·6	38·9	0·084			
2		38·2	0·048			
3		38·7	0·036			
4		37·6	0·065	0·049		0·0035
5		37·1	0·024			
6		37·5	0·029			

In vorstehenden Versuchsprotokollen ist ersichtlich, dass mit dem Abfall der Temperatur während der Ruhe der Abfall der CO_2-Abgaben ziemlich genau Schritt hält. Wenn auch die

Temperaturänderungen der vorstehenden Versuche ebenfalls jene ausgesprochene Regelmässigkeit, wie sie in Adamkiewicz's Versuchen nicht vermisst wird, zeigen, so ist die Gleichmässigkeit in den Aenderungen der CO_2-Ausscheidungen doch nicht so deutlich ausgeprägt, ein Umstand, dessen Ursache augenscheinlich in der Doppelseitigkeit eines jeden meiner Versuche liegt: denn ausser der Temperatur musste auch die jedesmalige CO_2-Abgabe genau gemessen werden, und während des Wiegens der CO_2-haltigen Kaliflüssigkeit bewegte sich nun das unbeobachtete Thier trotz seiner Fesseln oft ziemlich stark. Und dass Bewegungen besonders von kleinen Thieren, zu denen ja Kaninchen auch zu rechnen sind, sofort die Oxydation erhöhen, beweisen auch die von Adamkiewicz (S. 101) angegebenen Temperaturcurven. Wegen der langen Dauer konnten die einzelnen Versuche ferner nicht so weit ausgedehnt werden, bis mehrfache Schwankungen von Temperatur und CO_2-Ausgaben eintraten; ich begnügte mich daher, sobald ich aus mehreren CO_2-Abgaben einen folgerichtigen Schluss zu ziehen mich berechtigt fühlte.

Auf die Führung einer genaueren Controle über die Abhängigkeit der CO_2-Ausscheidungen unter gleichen Verhältnissen von der Grösse der Thiere, musste ich in dieser wie in den folgenden Versuchsreihen verzichten, weil ich mich auf Kaninchen nahezu derselben Grösse beschränkte, in denen sich deutliche und maassgebende Gewichtsdifferenzen nicht haben erwarten lassen.

Um einen allgemeinen Ueberblick über Temperatur und CO_2-Ausscheidungen unter den gegebenen Verhältnissen zu gewinnen, ist die folgende Tabelle angefertigt worden, in welcher ausser der höchsten und niedrigsten Temperatur und CO_2-Ausgabe noch die Durchschnittssummen der im freien und im gefesselten Zustand ausgeathmeten CO_2-Mengen angegeben sind; um mir ferner über das Verhältniss der im freien zu der im gefesselten Zustand ausgeschiedenen CO_2 Aufschluss zu verschaffen, habe ich dasselbe am Ende jeder Rubrik verzeichnet, nachdem die genannten Durchschnittssummen auf 100 Gr. des Körpergewichts als Gewichtseinheit berechnet sind.

Tabelle Nr. 7.

		Nr. 1. frei	Nr. 1. gefesselt	Nr. 2. frei	Nr. 2. gefesselt	Nr. 3. frei	Nr. 3. gefesselt	Nr. 4. frei	Nr. 4. gefesselt	Nr. 5. frei	Nr. 5. gefesselt	Nr. 6. frei	Nr. 6. gefesselt
Temperatur	Umgebung	15·6		14·4		19·2		16·2		16·8		15·3	
	Thier höchste	39·1	38·0	39·2	38·4	39·7	39·6	39·5	39 1	39·1	38·5	39·2	38·9
	Thier niedrigste		36·2		37·2		38·2		37·5		37·2		37·5
CO_2	höchste	0·060	0·055	0·078	0·074	0·049	0·048	0·054	0·051	0·062	0·030	0·114	0·084
	niedrigste	0·040	0·030	0·070	0·050	0·042	0·016	0·048	0·014	0·031	0·014	0·081	0·029
	Durchschnitt	0·050	0·042	0·074	0·059	0·045	0·029	0·050	0·031	0·045	0·022	0·095	0·049
Gewicht		1020		1020		1112		1112		1372		1372	
CO_2 auf 100·0		0·0049 : 0·0041		0·0072 : 0·0057		0·0040 : 0·0026		0·0032 : 0·0027		0·0032 : 0·0016		0·0069 : 0·0035	

Bringen wir sämmtliche Durchschnittssummen in Eine Tabelle zusammen, so erhalten wir folgende:

Tabelle Nr. 8.

		frei	gefesselt
Temperatur	Umgebung	15·7	
	Thier höchste	39·3	38·7
	Thier niedrigste		37·3
Menge der abgegeb. CO_2	höchste	0·069	0·057
	niedrigste	0·052	0·025
	Durchschnitt	0·060	0·039
Gewicht		1168	
CO_2 auf 100·0		0·0051 :	0·0034

II. CO_2-Abgaben im gelähmten Zustand.

Ist der Temperaturabfall gelähmter Thiere ebenfalls auf eine Verminderung der physiologischen Stoffwechsel- und Verbrennungsprocesse im Muskel zurückzubeziehen,[1]) so muss hier der Abfall der CO_2 in noch höherem Grade hervortreten, als während der einfachen Ruhe: denn durch Lähmung der willkürlichen Muskeln wird der Freiheitsverlust vervollkommnet, die Bewegungsfähigkeit gänzlich ausgeschlossen, die Oxydation gestört. Zur Prüfung dessen wurden folgende Versuche nach erfolgter Durchschneidung des Rückenmarks unterhalb der Vertebra prominens angestellt und soviel als thunlich bis zum Tode der Thiere, der gewöhnlich nach 20 bis 30 Stunden unter den Symptomen der allgemeinen Paralyse erfolgte, fortgesetzt.

---

1) A. a. O. S. 106 und 117.

Tabelle Nr. 9.

Nr.	Temperatur-Grad Cels. Umgebung.	Temperatur-Grad Cels. Thier.	CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
1	16·8	39·6	0·036		706	
2			0·057	0·046		0·0065
3			0·045			
			Gelähmt:			
1		37·05	0·007			
2		35·05	0·009			
3		33·8	0·011			
4		33·2	0·010			
5		32·2	0·005			
6		30·9	0·013			
7		30·5	0·002			
8		29·8	0·006	0·008		0·0011
9		28·6	0·006			
10		28·5	0·007			
11		28·4	0·012			
12		27·8	0·011			
13		27·6	0·007			
14		27·3	0·007			
15		27·1	0·008			
			Tod.			

Tabelle Nr. 10.

Nr.	Temperatur-Grad Cels. Umgebung.	Temperatur-Grad Cels. Thier.	CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
1	16·8	39·3	0·077	0·074	786	0·0094
2			0·070			
			Gelähmt:			
1	16·9	38·8	0·020			
2		37·1	0·036			
3		36·9	0·031			
4	15·6	36·9	0·031			
5		36·5	0·040			
6		35·2	0·034			
7		34·9	0·023			
		Nach einer längeren Pause:				
8		26·2	0·021			
9		25·8	0·019			
10		25·3	0·018			
11		25·2	0·010	0·0173		0·0022
12		25·1	0·006			
13		24·9	0·013			
14		24·8	0·011			
15		24·7	0·013			
16		24·6	0·005			
17		24·8	0·006			
18		24·6	0·002			
19		24·6	0·005			
20		24·4	0·001			
			Tod.			

Tabelle Nr. 11.

Nr.	Temperatur-Grad Cels. Umgebung.	Temperatur-Grad Cels. Thier.	CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
1	15·6	39·0	0·122		1306	
2			0·104	0·091		0·0070
3			0·077			
4			0·062			
			Gelähmt:			
1		38·35	0·019			
2		37·1	0·030			
3		36·8	0·030			
4		36·75	0 021			
5		35·5	0·027			
6	14·5	35·5	0·018			
7		35·5	0·017			
8	15·6	30·4	0·019			
9		30·1	0·019	0·016		0·0012
10	18·0	29·8	0·009			
11		29·0	0·018			
12		28·1	0·008			
13		27·5	0·008			
14	16·8	26·9	0·010			
15		26·5	0·010			
16		26·1	0·006			
17		26·0	0·003			

Trotz der Befunde von Weber,[1] Quincke[2]) und Naunyn,[3]) die nach Rückenmarksverletzung und acuten Rückenmarkserkrankungen Temperatursteigerung zu con-

1) Commun. to the clinical Soc. of London. 1868.
2) Berliner klin. Wochenschrift. 1869. Nr. 29.
3) Dies Archiv, 1869. S. 174.

statiren Gelegenheit hatten, hat doch kein einziger meiner Versuche dasselbe Resultat aufzuweisen; ja im Gegentheil die Temperatur und mit ihr auch die CO_2-Ausscheidung sinkt vom Zeitpunkt der Verletzung an continuirlich bis zum Tode, der „physiologische“ Abfall der Ruhe steigert sich zu einem „pathologischen“ der Lähmung, wie Adamkiewicz in seiner Schrift (S. 106) treffend sagt. — Hierin aber liegt wiederum ein Beweis, dass Wärme- und CO_2-Production abhängig sind von den Lebensprocessen, die im thätigen Muskel vor sich gehn, und dass mit der Aufhebung der Bewegungsfreiheit auch jene Production gehindert werden muss.

Zur Controle möge hier noch eine von Adamkiewicz beobachtete, doch nicht veröffentlichte Temperaturcurve nach erfolgter Lähmung ihren Platz finden:

Tabelle Nr. 12.

Umgebung 16·8 Grad Cels.

Zeit.		Körpertemperatur.	Zeit.		Körpertemperatur.	Zeit.		Körpertemperatur.
U.	Min.	Grad Cels.	U.	Min.	Grad Cels.	U.	Min.	Grad Cels.
10	12	39·3	1	55	39·8	11	35	38·5
bis		bis	bis		bis	bis		bis
12	15	37·6	2	1	39·2	11	46	38·1
Rückenmarksdurchschneidung.								
12	22	36·9	2	15	39·2	11	50	37·9
12	29	36·5	2	16	39·1			37·8
12	36	36·0	2	18	38·9			37·7
12	45	35·5	2	20	38·8	11	58	37·6
12	55	35·0	2	21	38·7			37·5
1	4	34·5	2	23	38·6			37 4
1	15	34·0	2	24	38·5	12	2	37·4
1	40	32·9	2	27	37·4			37·3
1	47	32·0	2	31	37·3			37 2
1	50	31·7	2	33	37·2			37·1
1	55	31·5	2	34	37·1	12	9	37·3

Zeit.		Körper-temperatur.	Zeit.		Körper-temperatur.	Zeit.		Körper-temperatur.
U.	Min.	Grad Cels.	U.	Min.	Grad Cels.	U.	Min.	Grad Cels.
2	6	31·0	2	35	37·0			37·2
2	18	30·5	2	45	35·8	12	14	37·1
2	39	29·3	2	48	35·7	12	22	36·3
2	42	29·0	2	50	35·6			36·2
2	45	27·7	2	52	35·5			36·1
2	47	27·5	3	5	35·2	12	25	36·0
2	58	27·0	3	6	35·1			35·9
3	7	26·5	3	8	35·0			35·8
4	1	24·2	3	9	34·9			35·7
4	2	23·5						35·6
4	11	23·0						35·5
4	31	22·5						35·4
6	25	22·0				12	39	35·3
6	28	21·5				12	42	35·1
6	34	21·0						34·9
6	40	20·5						34·8
6	52	20·0						34·7
8	—	20·7				12	48	34 7
8	7	20·5						34·6
8	12	20·0						34·5
8	15	20·5						34·4

Dass in dieser Versuchsreihe Temperatur und CO_2 nach ihrem Abfall nicht in die Schwankungen der „Constanten“[1]) übergehen konnte, liegt einfach darin, dass hier die Tendenz einer Einstellung auf die „Constante“ natürlich fehlt und die Lebensprocesse wegen des Verlustes der Bewegungsfähigkeit continuirlich sinken.

Sehr auffallend ist namentlich der plötzliche sehr erhebliche Abfall der CO_2 im Beginn der Lähmung. Er erklärt sich aus der plötzlichen Unterbrechung, die die normalen Oxydationsprocesse durch die Lähmung erfahren, aus dem schroffen Uebergang normaler Functionen des Muskels in einen Zustand pathologisch herabgesetzter Lebensprocesse. Das an den anfänglich plötzlichen Abfall der CO_2 sich anschliessende allmähliche Sinken derselben aber erklärt sich aus dem continuirlich und allmählich erfolgenden Abfall gesunkener Lebensprocesse zu ihrem lethalen Ende.

1) Vergl. Adamkiewicz a. a. O.

Zur besseren Uebersicht folgen die Durchschnittssummen aller drei Versuche in näherer Zusammenstellung.

Tabelle Nr. 13.

		frei.	gelähmt.	frei.	gelähmt.	frei.	gelühmt.
Temperatur	Umgebung . . .	16·8		16·8		15·6	
	Thier höchste .	39·6	37·05	39·3	38·8	39·0	38·35
	Thier niedrigste		27·1		24·4		26·0
CO_2-Abgabe	höchste . . .	0·057	0·013	0·077	0·040	0·122	0·030
	niedrigste . .	0·036	0·002	0·070	0·001	0·062	0·003
	Durchschnitt .	0·046	0·008	0·074	0·017	0·091	0·016
Gewicht		706		786		1306′	
CO_2 auf 100·0		0·0065 : 0·0011		0·0094 : 0·0022		0 0070 : 0·0012	

Diese Resultate in eine Tabelle gebracht, ergiebt folgendes:

Tabelle Nr. 14.

		frei.	gefesselt.
Temperatur	Umgebung	16·4	
	Thier höchste	39·3	38·6
	Thier niedrigste . . .		26·1
CO_2-Abgabe	höchste.	0·085	0·028
	niedrigste	0 056	0·002
	Durchschnitt	0·070	0·014
Gewicht		932	
CO_2 auf 100·0		0·0076 :	0·0015

Waren bei den bisher ausgeführten Versuchen die Oxydationsprocesse das primäre, die Temperaturänderungen das secundäre, so tritt bei den folgenden Versuchen das umgekehrte ein. Wie erwähnt, sind Wärmeprocesse und Lebensprocesse im Thier identisch; es muss daher auch leicht zu zeigen sein, dass mit den physikalischen Temperaturänderungen secundäre Aenderungen der exhalirten CO_2-Menge stattfinden.

Darauf hin habe ich nun Versuche an Kaninchen angestellt, um zu sehen, von welchem Einfluss veränderte Umgebungstemperatur auf die CO_2-Production und ob auch hier wie in den vorigen Versuchen ein annähernd gleiches Verhältniss zwischen ihr und der Temperatur vorhanden sei. Es wurden daher Thiere aufgebunden in einen verdeckten doppelwandigen Zinkkasten gesetzt, dessen Temperatur durch Anfüllung mit Eisstücken zunächst erniedrigt und dann zur zweiten Versuchsreihe durch Erwärmung des Wassers, das sich in dem von den Wänden des Kastens begrenzten Raum befand, durch untergestellte Gasflammen erhöht wurde. Der übrige Apparat blieb derselbe.

III. CO_2-Abgaben bei erniedrigter Umgebungstemperatur.

Tabelle Nr. 15.

Nr.	Temperatur-Grad Cels.		CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
	Umgebung.	Thier.				
1	16·8	39·2	0·034		805	
2			0·054	0·049		0·0060
3			0·058			
			In Eis:			
1	12·0	36·8	0·009			
2	10·2	35·9	0·010			
3	9·6	35·2	0 017			
4		34·8	0·024			
5		34·5	0·012			
6	9·0	34·0	0·056	0·024		0·0029
7	8·4	33·9	0·035			
8		33·4	0·021			
9		32·9	0·032			
10		32·4	0·024			

Tabelle Nr. 16.

Nr.	Temperatur-Grad Cels. Umgebung,	Temperatur-Grad Cels. Thier.	CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
1	20·4	39·5	0·037	0·039	945	0·0041
2			0·041			

In Eis.

Nr.	Umgebung	Thier	CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
1	16·8	38·7	0·033			
2	15·0	37·8	0·031			
3	13·8	37·2	0·025			
4	13·2	36·6	0·012			
5	14·4	36·2	0·009			
6		35·8	0·006			
7	15·0	35·3	0·005	0·014		0·0014
8	14·4	34·7	0·006			
9	15·0	34·3	0·014			
10		33·9	0·013			
11		33·5	0·007			
12		33·1	0·006			
13		32·7	0·010			

Tabelle Nr. 17.

Nr.	Umgebung	Thier	CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
1	19·2	39·5	0·030			
2			0·042	0·034	1032	0·0033
3			0·031			

In Eis:

Nr.	Umgebung	Thier	CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
1	16·8	38·7	0·030			
2	15·6	37·4	0·022			
3	15·0	36·7	0·009			
4		36·0	0·011			
5		35·8	0·008			
6	13·2	36·2	0·005			
7		34·9	0·020			
8		34·7	0·022	0·016		0·0015
9		34·5	0·017			
10	13·8	34·5	0·022			
11		34·2	0·010			
12	14·4	33·9	0·012			
13		33·7	0·018			
14		33·6	0·019			

Tabelle Nr. 18.

Nr.	Temperatur-Grad Cels. Umgebung.	Temperatur-Grad Cels. Thier.	CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
1	18·0	39·3	0·068	0·061	1047	0·0058
2			0·055			
			In Eis.			
1	12·6	38·4	0·046			
2	10·2	37·6	0·066			
3		37·1	0·045			
4		36·7	0·033			
5	10·8	36·2	0·019	0·028		0·0026
6		35·8	0·025			
7		35·2	0·006			
8	11·4	34·8	0·004			
9	12·0	34·4	0·004			

Tabelle Nr. 19.

Nr.	Temperatur-Grad Cels. Umgebung.	Temperatur-Grad Cels. Thier.	CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
1	18·3	39·4	0.031		1023	
2			0·047	0·039		0·0038
3			0·040			
			In Eis.			
1	15·6	38·5	0·029			
2	15·0	38·0	0·037			
3		37·4	0·025			
4		36·9	0·012			
5	13·2	36·3	0·019			
6		35·8	0·009			
7	12·6	35·5	0·008	0·016		0·0015
8		35·2	0·014			
9		34·7	0·021			
10		34·4	0·013			
11	13·2	33·9	0·014			
12		33·6	0·010			
13		33·2	0·008			

Liebermeister und nach ihm Roehrig und Zuntz[1]) fanden eine Zunahme der CO_2-Ausscheidung in derjenigen Periode, während welcher unter der Einwirkung peripherischer Abkühlung die Temperatur steigt. Diese Zunahme der CO_2, die auch Senator[2]) festgestellt hat, ist von allen diesen Forschern nur in derjenigen kurzdauernden Anfangsperiode, während welcher jene eigenthümliche Temperatursteigerung in der Achselhöhle stattfindet, die von Liebermeister bekanntlich auf Regulationsvorgänge bezogen wird,[3]) gefunden worden. Bei meinen Versuchen aber handelt es sich um weitergehende Einwirkung der peripherischen Abkühlung, um wahre durch sie erzeugte Temperaturherabsetzungen, mit welchen ich in der That gleichzeitig einen continuirlichen Abfall der CO_2 nachweisen konnte. In den ersten Zeiten zeigt sich allerdings ein unerhebliches Ansteigen der CO_2, wenn man den Abfall in Rechnung zieht, den das gefesselte Thier vermöge der Ruhe an sich erfahren haben würde. Es muss dahin gestellt bleiben, ob dieses Ansteigen auf irgend welche Vermehrung der CO_2-Bildung bei der Abkühlung beruht, die etwa auf reactive Temperatursteigerung (Liebermeister) bezogen werden könnte. Senator erklärt das in dieser Periode vermehrte Auftreten von CO_2 in der Exspirationsluft nur als Folge vermehrter Ausscheidung derselben. Es kann ferner dieser Abfall nicht eine directe Folge der Muskelruhe allein sein: denn es erreichen in der ersten Reihe meiner Versuche, die zur Prüfung jenes Einflusses oben angestellt sind, die Durchschnittszahlen der exhalirten CO_2-Mengen nirgends so geringe Grössen wie hier. Dort sind sie 0·029 und 0·022, hier dagegen 0·016 und 0·014. Daher kann man wohl mit Fug und Recht diese Abnahme von Wärme und die CO_2-Ausgaben wohl nur auf Rechnung der niedrigen Umgebungstemperatur setzen. — Zur schnelleren Uebersicht und zum Vergleich der Resultate dieser Versuchsreihe mit denen der ersten diene hier wieder eine aus den Durchschnittssummen zusammengestellte Tabelle:

1) Pflüger's Archiv. Bd. IV. S. 57.

2) Centralblatt 1871, S. 737 und dies Archiv 1872, S. 1.

3) Vergl. Adamkiewicz: Mech. Princip. der Homöothermie u. s. w. Dies Archiv 1876. S. 248 ff.

Tabelle Nr. 20.

	Nr. 1. frei	Nr. 1. in Eis	Nr. 2. frei	Nr. 2. in Eis	Nr. 3. frei	Nr. 3. in Eis	Nr. 4. frei	Nr. 4. in Eis	Nr. 5. frei	Nr. 5. in Eis
Temperatur: Umgebung	16·8	9·8	20·4	14·4	19 2	14·8	18·0	11·4	18·3	13·9
Temperatur: Thier, höchste	39·2	36·8	39·5	38·7	39·5	38·7	39·3	38·4	39·4	38·5
Temperatur: Thier, niedrigste		32·4		32·7		33·6		34·4		33·2
CO_2 höchste	0·058	0·056	0·041	0·033	0·042	0 030	0·068	0·066	0·047	0·037
CO_2 niedrigste	0·034	0·009	0·037	0·005	0·030	0·008	0·055	0·004	0·031	0·008
CO_2 Durchschnitt	0·049	0·024	0·039	0·014	0·034	0·016	0·061	0·028	0·039	0·016
Gewicht	805		945		1032		1047		1023	
CO_2 auf 100·0	0 0060 : 0·0029		0·0041 : 0·0014		0·0033 : 0·0015		0·0058 : 0·0026		0·0038 : 0·0015	

Und diese wiederum zu einer zusammengezogen ergiebt:

Tabelle Nr. 21.

			frei	gefesselt
Temperatur	Umgebung		18·3	12·4
	Thier	höchste	39·3	38·2
		niedrigste		33·4
CO_2	höchste		0·051	0·044
	niedrigste		0·037	0·006
	Durchschnitt		0·044	0·019
Gewicht			970	
CO_2 auf 100·0			0.0045 :	0·0019

IV. CO_2-Abgaben bei erhöhter Umgebungstemperatur.

Da die Kälte, wie wir gesehen haben, die Lebensprocesse herabsetzt, so muss die Wärme bis zu einem gewissen Grade dieselben steigern. Es war daher zu erwarten, dass in erhöhter Umgebungstemperatur mit dem Wachsthum der Temperatur des Thiers auch die CO_2-Ausscheidungen einige Analogie zeigen würden. — Daher wurden die Kaninchen in den Zinkkasten gesetzt, nachdem dessen Temperatur vorher erhöht worden war.

Tabelle Nr. 22.

Nr.	Temperatur-Grad Cels.		CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
	Umgebung.	Thier.				
1	15·6	39·0	0·023		771	
2			0·029	0·027		0·0035
3			0·030			
Temperatur erhöht 24—30° C.						
1	24·0	38·1	0·028			
2	24·6	37·4	0·030			
3	25·8	37·9	0·025	0·032		0·0041
4	26·4	27·2	0·024			
5	25·8	37·1	0·031			
6	26·4	37·1	0·055			

Tabelle Nr. 23.

Nr.	Temperatur-Grad Cels. Umgebung.	Temperatur-Grad Cels. Thier.	CO_4	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
1	15·6	30·2	0·030	0·029	771	0·0038
2			0·028			
			Temperatur 24—30° C.			
1	26·4	38·6	0·034			
2		38·3	0·038			
3	27·0	38·2	0·045			
4		38·1	0·042			
5	26·4	38·3	0·038			
6		38·2	0·043	0·041		0·0053
7		38·3	0·035			
8		38·3	0·029			
9	25·8	38·1	0·038			
10		38·1	0·043			
11		38·0	0·058			
12	25·2	38·1	0·051			

Tabelle Nr. 24.

Nr.	Temperatur-Grad Cels. Umgebung.	Temperatur-Grad Cels. Thier.	CO_4	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
1	16·8	39·0	0·035		825	
2			0·053	0·048		0·0058
3			0·056			
			Temperatur 30—36° C.			
1	30·6	38·5	0·056			
2	31·8	38·4	0·060			
3		38·4	0·062			
4	31·2	38·4	0·058			
5		38·6	0·070			
6		38·7	0·076	0·066		0·0088
7	31·8	38·9	0·068			
8	32·4	38·9	0·074			
9		39·0	0·063			
10	31·2	39·0	0·066			
11	30·6	38·9	0·068			
12		39·0	0·074			

Tabelle Nr. 25.

Nr.	Temperatur-Grad Cels.		CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
	Umgebung.	Thier.				
1	18·0	39·3	0·070		825	0·0088
2			0·076	0·073		
3			0·072			
			Temperatur 36—42° C.			
1	36·6	39·3	0·068			
2	37·2	38·3	0·074			
3		38·6	0·084			
4	36·6	38·9	0·072	0·074		9·0090
5	37·2	39·3	0·071			
6	37·8	39·6	0·077			
			Dyspnoe.			
7		39·9	0·064			
8	37·2	40·2	0·055			
9	36·6	40·4	0·033	0·043		0·0051
10	37·2	40·7	0·034			
11		40·8	0·033			
12	37·8	41·0	0·037			

Tabelle Nr. 26.

Nr.	Umgebung.	Thier.	CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
1	16·8	39·9	0·084		1092	0·0069
2			0·068	0·076		
3			0·086			
			Temperatur 36—42° C.			
1	34·8	38·7	0·050			
2	35·4	38·2	0·074			
3	36·6	37·8	0·095			
4	37·8	38·1	0·088	0·081		0·0074
5		38·6	0·083			
6		38·8	0·080			
7	36·0	39·0	0·096			
			Dyspnoe.			
8	36·6	39·2	0·057			
9	37·2	39·5	0·046			
10		39·6	0·032			
11		40·0	0·074	0·051		0·0046
12		40·1	0·073			
13		40·2	0·030			
14		40·5	0·043			

Tabelle Nr. 27.

Nr.	Temperatur-Grad Cels. Umgebung.	Temperatur-Grad Cels. Thier.	CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
1	15·6	38·9	0·030	0·031	875	0·0035
2			0·033			
		Temperatur 36—42° C.				
1	36·0	38·1	0·021			
2		37·6	0·030			
3		38·0	0·063	0·042		0·0048
4		38·4	0·044			
5	37·2	38·8	0·054			
		Dyspnoe.				
6		39·5	0·032			
7		39·9	0·020			
8	36·0	40·5	0·045	0·029		0·0032
9		40·7	0·024			
10		41·0	0·016			
11		41·1	0·015			

Tabelle Nr. 28.

Nr.	Umgebung.	Thier.	CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
1	16·8	39·5	0·091	0·092	847	0·0109
2			0·094			
		Temperatur 42° C.				
1	42·6	39·4	0·073			
2		39·1	0·061	0·072		0·0049
3	42·0	39·3	0·081			
		Dyspnoe.				
4	41·4	39·5	0·051			
5		39·8	0·033			
6		40·2	0·034			
7	42·6	40·5	0·043	0·042		0·0084
8		41·1	0·045			
9		41·5	0·040			
10		41·7	0·045			
11	42·0	42·3	0·046			

Die schlechte Leitung[1]) der thierischen Gewebe verhindert es, dass mit dem Augenblick der Einführung der Thiere in eine warme Umgebung sofort die Temperatur des betreffenden Thiers zunimmt. Es verstreicht erst einige Zeit, bis sich eine Temperatursteigerung in der höher temperirten Umgebung einstellt, und während dieser Zeit kommt noch der gewöhnliche physiologische Abfall zur Geltung, da die Versuche nur an gleichzeitig gefesselten Kaninchen angestellt werden konnten. Daher nehmen wir auch mit der Temperaturabnahme gleichzeitig einen anfänglichen CO_2-Abfall wahr; aber mit dem Beginn der Wärmezunahme im Thier stellt sich auch eine Vermehrung der CO_2-Ausscheidung ein, die bis zu denjenigen Momenten anhält, wo die hohe Körpertemperatur Veranlassung zur Dyspnoe wird. Hier erklärt die verminderte Respiration den Ausfall der CO_2-Abgaben: denn durch verringerte Zahl und mangelhafte Tiefe der Athemzüge wird die Berührungsfläche zwischen Blut und Luft verkleinert und der respiratorische Gasaustausch beeinträchtigt. Bei meinen Versuchen trat diese plötzliche Unterbrechung der ansteigenden CO_2-Curve gewöhnlich bei einer Körpertemperatur von durchschnittlich 39·4° C. ein. Bei einer Umgebungstemperatur von der enormen Höhe von 42° C. in Tabelle 28 trat die Dyspnoe des Thiers so früh ein, dass ein deutliches Exacerbiren der CO_2 nicht mehr beobachtet werden konnte.

In der folgenden Uebersichts-Tabelle sind die Durchschnittssummen von Temperatur und CO_2 vor und während der Dyspnoe wegen der plötzlichen durch sie bedingten Veränderung besonders angegeben.

---

1) Vergl. Adamkiewicz: Die Wärmeleitung des Muskels. Dies Archiv 1875. S. 239.

Tabelle Nr. 29.

( ) bedeutet Dyspnoe.

		Nr. 22 u. 23.		Nr. 24.		Nr. 25, 26 u. 27.		Nr. 28.	
		frei.	24—30° C.	frei.	30—36° C.	frei.	36—42° C.	frei.	42° C.
Temperatur	Umgebung	15·6	25·5	16·8	31·3	16 8	36·6	16·8	42·0
	Thier, höchste	39·1	38·4	39·0	39·0	39·0	39 1 (40·5)	42·1	39·4 (42·3)
	Thier, niedrigste		37·4		38·4		37·9 (39·5)		39·1 (39·5)
CO_2	höchste	0·030	0·056	0·056	0·074	0·062	0·081 (0·061)	0·094	0·081 (0·051)
	niedrigste	0·025	0·026	0·035	0·056	0·056	0·046 (0·026)	0·091	0·061 (0 033)
	Durchschnitt	0·028	0·036	0·048	0·066	0·060	0·065 (0·041)	0·092	0·072 (0·042)
Gewicht		771		825		930		847	
CO_2 auf 100		0·0036	: 0·0047	0·0058	: 0·0088	0·0062	: 0·0070 (0·0044)	0·0109	: 0·0086 (0·0049)

Ich will hier noch bemerken, dass ausser Sanders-Ezn,[1]) der auch unter längerer Einwirkung hoher Wärmegrade stärkere CO_2-Ausscheidung gefunden hat, nach Moleschott[2]) schon lange vor mir ähnliche Versuche, allerdings an Kaltblütern, nämlich an Fröschen angestellt hat und zu demselben Resultat gelangt ist, dass Steigerung der Temperatur in der Umgebung der Thiere eine vermehrte CO_2-Abgabe zur Folge hat. Nur weichen seine Befunde von den meinigen darin ab, dass bei ihm die CO_2-Abgaben kurz vor dem Tode der Thiere während des Todeskampfes ihre höchste Höhe erreichten; während bei mir grade, sobald die Thiere dyspnoetisch geworden waren, dieselben continuirlich bis zum Tode abnehmen oder wenigstens um vieles geringer werden, als sie vorher gewesen sind.

V. CO_2-Abgaben im gefirnissten Zustand.

Wenn auch durch meine vorstehenden Versuche der Nachweis geliefert ist, dass Körpertemperatur und Oxydationsprocesse im Thier einander parallel gehen und einander gegenseitig beeinflussen, so schlug ich zur Vervollständigung und Bekräftigung dieses Befundes noch einen anderen Weg ein, die Körperwärme des Thieres zu modificiren, um zu zeigen, dass die Temperaturen des Körpers, wodurch sie auch modificirt werden, immer direct den Lebensprocess beeinflussen. Um also die Körpertemperatur auf andere als physicalische Weise herabzusetzen, wurden die Thiere in pathologische Zustände versetzt, von denen es feststeht, dass sie Temperaturabfall zu erzeugen vermögen. Dahin gehört bekanntlich die Unterdrückung der Hautperspiration, die stets von einem lebhaften Sinken der Temperatur begleitet ist.

Zu diesem Zwecke wurden nun Kaninchen zu $^2/_3$ ihrer Körperoberfläche mit Oelfirniss überzogen, und es ergab sich gleichzeitig ein mit der Abnahme der Temperatur Hand in Hand gehender CO_2-Abfall in folgender Art:

---

1) Sächs. acad. Sitzber. Math. phys. Cl. 1867. S. 58.

2) Untersuchungen z. Naturl. d. M. u. d. Th. 1857. Bd. II. S. 315.

Tabelle Nr. 30.

Nr.	Temperatur-Grad Cels. Umgebung.	Temperatur-Grad Cels. Thier.	CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
1	16·8	39·4	0·038		773	
2			0·034	0 032		0·0042
3			0·026			

Gefirnisst:

Nr.	Temperatur-Grad Cels. Umgebung.	Temperatur-Grad Cels. Thier.	CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
1		36·8	0·022			
2		36·2	0·025			
3		35·1	0·015			
4		35·2	0·012			
5	15·6	34·9	0· 09			
6		34·5	0·018			
7		34·2	0·018			
8		34·0	0·009			
9		34·3	0·010	0·015		0·0019
10		33·7	0 015			
11		33·5	0·015			
12		33·2	0 014			
13		32 6	0· 08			
14		32·2	0·016			
15		31·8	0·014			
16		31·3	0·014			

Tabelle Nr. 31.

Nr.	Temperatur-Grad Cels. Umgebung.	Temperatur-Grad Cels. Thier.	CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
1	14·4	39·3	0·021		758	
2			0 019	0·021		0·0027
3			0 022			

Gefirnisst:

Nr.	Temperatur-Grad Cels. Umgebung.	Temperatur-Grad Cels. Thier.	CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
1		36 7	0·012			
2		35·6	0·008			
3		35·1	0·012	0·013		0·0018
4		34·7	0 012			
5		36·8	0·020			
6		36 3	0·017			

Tabelle Nr. 32.

Nr.	Temperatur-Grad Cels.		CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
	Umgebung.	Thier.				
1	14·4	38·9	0·046		896	
2			0·031	0·039		0·0043
3			0·041			
			Gefirnisst:			
1		38·0	0·024			
2		36·6	0·028			
3		36·1	0·016			
4		35·8	0·011			
5		35·3	0·021			
6	13·6	35·3	0·018	0·018		0·0017
7		34·7	0·018			
8		34 6	0·024			
9		34·0	0·006			
10		34·0	0·005			
11		33·5	0·004			

Tabelle Nr. 33.

Nr.	Umgebung.	Thier.	CO_2	Durchschnitt.	Gewicht in Grm.	CO_2 auf 100·0 Gr.
1	13·6	39·7	0·056		1074	
2			0·036	0·042		0·0039
3			0·035			
			Gefirnisst:			
1		36·9	0·012			
2		36·0	0·019			
3		35·4	0·018			
4		35·1	0·013			
5		34·8	0·007			
6		34·4	0·006			
7		34·0	0·005	0·008		0·0007
8		33·6	0·006			
9		34·9	0 005			
10		34·2	0·004			
11		32·2	0·004			
12		31·4	0·001			
13		30·9	0·006			
14		30·0	0·005			

Tod.

Schon lange vor mir ist von Laschkewitsch,[1] Tscheschichin,[2] Socoloff[3]) u. a. der Einfluss der Unterdrückung der Hautperspiration geprüft und immer als schädliche Folge derselben stete Temperaturabnahme bis zum Tode gefunden worden. Meine Versuche lehren, dass auch mit dieser, durch Lähmung der peripherischen Gefässe bekanntlich erklärten Temperaturabnahme, Herabsetzung der CO_2-Ausscheidung Hand in Hand geht.

Die Tabelle der Durchschnittssummen gestaltet sich in folgender Art:

Tabelle Nr. 34.

		Nr. 33. frei.	Nr. 33. gefirnisst.	Nr. 32. frei.	Nr. 32. gefirnisst.	Nr. 31. frei.	Nr. 31. gefirnisst.	Nr. 30. frei.	Nr. 30. gefirnisst.
Temperatur	Umgebung	16·8	15·6	14·4	14·4	14·4	13·6	13·6	
	Thier höchste	39·4	36·8	39·3	36·8	38·9	38·0	39·7	36·9
	Thier niedrigste		31·3		34·7		33·5		30·0
CO_2	höchste	0·038	0·025	0·022	0·020	0·046	0·028	0·056	0·019
	niedrigste	0·026	0·008	0·019	0·008	0·031	0·004	0·035	0·001
	Durchschnitt	0·032	0·015	0·021	0·013	0·039	0·016	0·042	0·008
Gewicht		773		758		896		1074	
CO_2 auf 100		0·0042 : 0·0019		0·0027 : 0·0018		0·0043 : 0·0017		0·0039 : 0·0007	

1) Dies Archiv 1868, S. 61.
2) ibid. 1866, S. 151.
3) Centralbl. f. med. Wissensch. 1872, S. 689.

Diese Angaben in eine Rubrik gebracht ergeben:

Tabelle Nr. 35.

			frei.	gefirnisst.
Temperatur	Umgebung		14·8	14·3
	Thier	höchste	39·3	37·1
		niedrigste		32·3
CO_2	höchste		0·023	0·023
	niedrigste		0·027	0·005
	Durchschnitt		0·033	0·013
Gewicht			875	
CO_2 auf 100·0			0·0037 :	0·0015

Um noch zum Schluss einen Vergleich anstellen zu können, wie sich Temperatur und CO_2-Abgaben während der drei abnormen Zustände des physiologischen und pathologischen Freiheitsverlustes und der Unterdrückung der Perspiratio cutanea verhalten, möge hier noch eine Zusammenstellung der am Schluss jener Versuchsreihen angefügten Reductions-Tabellen folgen.

Tabelle Nr. 36.

			Nr. 8.	Nr. 14.	Nr. 35.
			Gefesselt.	Gelähmt.	Gefirnisst.
Temperatur	Umgebung		15·7	16·4	14·3
	Thier	höchste	38·7	38·6	37·1
		niedrigste	37·3	26·1	32·3
CO_2	höchste		0·057	0·028	0·023
	niedrigste		0·025	0·002	0·005
	Durchschnitt		0·039	0·014	0·013
Gewicht			1168	932	875
CO_2 auf 100·0			0·0034	0·0015	0·0015

Hieraus und namentlich aus den Verhältnissangaben der im freien zu der im veränderten Zustand exhalirten und auf 100 Gr. des Körpergewichts berechneten CO_2 ist ersichtlich, dass Temperatur und CO_2 ihren stärksten Abfall während der pathologischen Freiheitsberaubung durch die Lähmung erfahren. Nichts kann den hohen Einfluss der normal fungirenden Musculatur auf den Lebensprocess besser beweisen.

Aus allen vorstehenden Versuchen geht hervor, dass die CO_2-Ausscheidungen in gewissen Grenzen mit den Aenderungen der Temperatur im thierischen Körper vollkommen parallel einhergehen, und aus der Abhängigkeit der CO_2-Abgaben von den physikalischen und pathologischen Temperatur-Aenderungen des Thierkörpers lässt sich direct die Abhängigkeit der vitalen Processe von der Körperwärme erschliessen. Wissen wir ja doch, dass jene Processe moleculare Bewegungsvorgänge sind und dass die Bewegung der Molecule durch die Wärme direct beherrscht wird.

Schliesslich will ich nicht verabsäumen, Hrn. Prof. Dr. v. Wittich für die freundliche Bereitwilligkeit, mit der er mir zur Anstellung obiger Versuche sein Laboratorium zur Verfügung gestellt hat, sowie meinem lieben Freunde und Collegen Hrn. Dr. Albert Adamkiewicz für die gütige Unterstützung in meinen Versuchen hierdurch öffentlich meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Dioptrik der Kugelflächen und des Auges.

Von

J. Hirschberg, M. D.

I. Theil.

Hierzu Tafel XIII.

Die dioptrischen Untersuchungen von Gauss (1841), welche die Strahlenbrechung im Auge zuerst vollständig klar legten, und welche von Listing, Helmholtz und Töpler erweitert wurden, sind trotz ihrer einfachen Eleganz und trotz der mehr elementaren Darstellungen von Helmholtz, Neumann, von Lang, Reuss u. A. noch keineswegs Gemeingut der Mediciner geworden.

Wenn man mit G. Kirchhoff der Ansicht ist, dass die Physik die Aufgabe hat, die vorkommenden Bewegungen vollständig und möglichst einfach zu beschreiben, so dürfte die folgende Darstellung einige Berechtigung haben, da sie wenigstens für das medicinische Bewusstsein einfacher ist als die bisherigen, ohne darum an Allgemeinheit und Schärfe einzubüssen. Gleichzeitig haben sich dabei einige Resultate ergeben, die nicht ohne Interesse sind.

I. Brechung an einer Kugelfläche.

§ 1. Die Hauptbrennpunkte.

B_1BB_2 (Fig. 1) stelle die kugelige Trennungsfläche dar zwischen den beiden gleichförmigen Mitteln I und II mit den absoluten Brechungszahlen n_1 und n_2; B sei ihr Scheitel, M ihr Krümmungsmittelpunkt; die Grade AC, welche durch B und M geht, heisst die Hauptaxe.

$\angle B_1MB$, die halbe Apertur des einfachen Kugelflächensystems $B_1\ B_2$, sei ein so kleiner Winkel, dass sein Unterschied von dem zugehörigen Sinus verschwindet.[1])

---

1) $$\angle BME = i = \frac{\text{arc.}\, EB}{EM}$$

Der Lichtstrahl DE falle parallel der Axe zwischen B und B_1 auf die Trennungsfläche. Der Radius MEF ist das Einfallsloth, da er auf demjenigen Theil der Kugelfläche, zu dem er hingeht, senkrecht steht. $(ME = R)$.

$\angle FED = i$ ist der Einfallswinkel,

$\angle MEG = r$ ist der Brechungswinkel.

Unter der gemachten Voraussetzung gilt, da arc $EB <$ arc BB_1, das vereinfachte Brechungsgesetz:

$$1)\ n_1\, i = n_2\, r,\ i = \frac{n_2}{n_1} r,\ r = \frac{n_1}{n_2} i.$$

Der gebrochene Strahl EG bleibt in der Einfallsebene DEM. Ferner ist

$$2)\ \angle EMB = \angle i = \angle r + \angle a \text{ oder } i - r = a,$$

oder, für r seinen Werth aus 1) eingesetzt

$$3)\ \frac{(n_2 - n_1)\, i}{n_2} = a.$$

Es sei EJ senkrecht auf BM und gleich c. Für die kleinen Winkel i und a werden ihre sinus genommen. (BJ ist sehr klein gegen BM.)

$$\frac{(n_2 - n_1)}{n_2} \cdot \frac{c}{R} = \frac{c}{F_2}, \text{ wenn } BG = JG = F_2 \text{ gesetzt wird.}$$

Die Grösse c hebt sich fort; es bleibt

$$\text{I.)}\ \frac{(n_2 - n_1)}{n_2 R} = \frac{1}{F_2} \text{ oder } F_2 = \frac{n_2 R}{(n_2 - n_1)};$$

$$\text{I a.)}\ n_2 = \frac{(n_2 - n_1)\, F_2}{R}.$$

$$\sin \angle BME = \frac{EJ}{EM}$$

$$\text{ang} : \sin = EB : EJ$$

$$\sin i = i - \frac{i^3}{1.\,2.\,3.} + \frac{i^5}{1.\,2.\,3.\,4.\,5.} - \ldots.$$

Für Einfallswinkel $< 9^\circ$ (oder kleiner als $\frac{\pi}{20}$) u. für das Brechungsverhältniss des Glases weicht der nach dem approximativen Brechungsgesetz $(n_1 i = n_2 r)$ berechnete Brechungswinkel von dem wahren um weniger als eine Bogenminute ab, demnach um eine Grösse, welche geringer ist als das Minimum unseres Distinctionswinkels. Dies ist der Sinn der Vernachlässigung der kleinen Grössen zweiter und höherer Ordnung.

Unter den gemachten Voraussetzungen hängt die Lage des Punktes G, in welchem der gebrochene Strahl die Hauptaxe schneidet, lediglich von den optischen Constanten des Systems (n_1, n_2 und R), nicht aber vom Einfallspunkt (nicht von c) ab; alle zwischen B und B_1 parallel der Hauptaxe auf die Convexität der Kugel einfallenden Lichtstrahlen werden in einem Punkte der Hauptaxe vereinigt, in G, dem zweiten Hauptbrennpunkt, dessen Entfernung vom Scheitel $BG = F_2$ durch Gl. I gegeben ist.

Was wir für die Ebene der Zeichnung bewiesen haben, gilt für jede Ebene eines grössten Kreises der Kugel, welche durch B gelegt werden kann. Alle parallel der Axe auf das Kugelsegment B_1BB_2 fallenden Strahlen werden im zweiten Hauptbrennpunkt vereinigt. Fällt ein Strahl parallel der Hauptaxe vom zweiten Medium her auf E, also auf die concave Seite derselben Kugelfläche, so ist statt R zu setzen $-R$,

statt n_1 aber n_2,
statt n_2 endlich n_1 : es folgt

$$LB = F_1 = \frac{-n_1 R}{(n_1 - n_2)} \text{ oder}$$

$$\text{II)}\ F_1 = \frac{n_1 R}{(n_2 - n_1)}, \quad \text{IIa)}\ n_1 = \frac{(n_2 - n_1) F_1}{R.} \quad 1)$$

Alle parallel der Hauptaxe zwischen B_1 und B auf die concave Seite des Kugelflächensegments einfallenden Strahlen werden in einem Punkt der Hauptaxe vereinigt, in L, dem ersten Hauptbrennpunkt, dessen Entfernung vom Scheitel ($LB = F_1$) durch Gl. II gegeben ist. F_1 wird als erste, F_2 als zweite Hauptbrennweite bezeichnet.

---

1) Man findet dieses Resultat auch direct:

$$1)\ r^1 = \frac{n_2}{n_1} i, \qquad 2)\ r^1 = b + i;\quad r_1 - i = b.$$

$$\frac{(n_2 - n_1)}{n_1}\ i = b,$$

$$\frac{(n_2 - n_1)}{n_1} \cdot \frac{c}{R} = \frac{c}{F_1}, \qquad \frac{(n_2 - n_1)}{n_1 R} = \frac{1}{F_1}.$$

Hieraus folgt $F_1 = \frac{-R n_1}{(n_1 - n_2)}$, so dass (da n_2 jetzt das erste Medium vertritt), wenn Lichtstrahlen auf eine concave Kugelfläche fallen, R negativ zu setzen ist.

§ 2. Die conjugirten Vereinigungspunkte.

In Fig. 2 sei O ein beliebiger Axenpunkt, von dem ein beliebiger Strahl OJ im Punkt J zwischen B und B_1 auf die kugelige Trennungsfläche fällt. Der Radius MJK ist das Einfallsloth, $\angle OJK = \angle J$ ist der Einfallswinkel, $\angle MJP = \angle \rho$ der Brechungswinkel. Wenn alle Strahlen nahezu senkrecht auf BB_1 einfallen, d. h. alle Einfallswinkel so klein sind, dass sie gleich ihren Sinus gesetzt werden dürfen, so ist

$$1)\quad J = \frac{n_2}{n_1}\varrho, \quad \varrho = \frac{n_1}{n_2} J.$$

Ferner ist immer

$$2)\quad \angle J = \angle d + i$$

$$3)\quad i = \varrho + e;\ i - e = \varrho;\ (i - e) = \frac{n_1}{n_2} J \text{ (nach 1);}$$

Gleichung 2) und 3) vereinigt geben

$$4)\quad \frac{n_2}{n_1}(i - e) = i + \mathrm{d} \text{ oder}$$

$$5)\quad n_2\left(\frac{c}{R} - \frac{c}{f_2}\right) = n_1 \cdot \frac{c}{R} + n_1 \cdot \frac{c}{f_1},$$

wenn $\overline{OB} = \overline{OQ} = f_1$ und $\overline{BP} = \overline{QP} = \mathrm{f}_2$ gesetzt wird.

c hebt sich fort, es bleibt

$$6)\quad \frac{(n_2 - n_1)}{R} = \frac{n_1}{f_1} + \frac{n_2}{f_2} \text{ oder,}$$

wenn man rechts für n_1 und n_2 ihre Werthe aus $\mathrm{I_a}$ und $\mathrm{II_a}$ einsetzt,

$$\frac{(n_2 - n_1)}{R} = \frac{(n_2 - n_1)}{R} \cdot \frac{\mathrm{F}_1}{\mathrm{f}_1} + \frac{(n_2 - n_1)}{R} \cdot \frac{F_2}{\mathrm{f}_2},$$

$$\text{d. h.}\quad \text{III)}\quad \frac{F_1}{f_1} + \frac{F_2}{f_2} = 1 \quad \text{oder}$$

$$\text{III}_a)\quad f_2 = \frac{F_2 f_1}{(f_1 - F_1)} \quad \text{oder}$$

$$\text{III}_b)\quad f_1 = \frac{F_1 f_2}{(f_2 - F_2)}$$

Gl. 6 wie Gl. III (oder $\mathrm{III_a}$ oder $\mathrm{III_b}$) zeigt, dass die Lage des Punktes P, in welchem der gebrochene Strahl die Hauptaxe schneidet, unter den gemachten Voraussetzungen nicht von dem Einfallspunkt, also nicht von c, sondern lediglich von f_1, d. h. von der Objectsdistanz und von den Constanten des Systems, n_2, n_1, R oder F_1 und F_2, abhängt. Alle von O ausgehenden

und zwischen B und B_1 (und ebenso zwischen B und B_2), kurz alle auf das Kugelsegment B_1BB_2 auffallenden Strahlen werden in demselben Punkt der Hauptaxe, nämlich in P vereinigt. P ist das Bild des Objectes O. Wird der Gang der Lichtstrahlen umgekehrt, so vertauschen der einfallende und der gebrochene Strahl ihre Rollen: O ist auch das Bild von P, wie aus Gl. IIIb) ersichtlich ist. Da die Gl. III linear, d. h. vom ersten Grade ist, so giebt es für ein gegebenes System zu einem bestimmten Objectpunkt nur einen bestimmten Bildpunkt und umgekehrt: O und P werden deshalb als zwei conjugirte Axenpunkte des gegebenen Systems bezeichnet.[1])

Setzen wir $\overline{OL} = \varphi_1 = f_1 - F_1$, also $f_1 = \varphi_1 + F_1$;

$\overline{GP} = \varphi_2 = f_2 - F_2$, also $f_2 = \varphi_2 + F_2$: so folgt

aus IIIa) $\varphi_2 + F_2 = \dfrac{F_2(\varphi_1 + F_1)}{\varphi_1}$

$\varphi_1\varphi_2 + \varphi_1 F_2 = \varphi_1 F_2 + F_1 F_2$ oder

IIIc) $\varphi_1\varphi_2 = F_1 F_2$: die eleganteste Darstellung der conjugirten Vereinigungsweiten, welche hier von den respectiven Brennpunkten ab gerechnet werden; φ_1 positiv, wenn im Sinne des Lichtstrahlenganges O vor L; φ_2 positiv, wenn im Sinne der Lichtstrahlen P hinter G liegt.

Da O beliebig gewählt wurde, so giebt es in jedem System unendlich viele Paare conjugirter Axenpunkte.

§ 3. Wahl der Vorzeichen.

Um die Regeln der gemeinen Rechenkunst auf unsere Formeln anwenden zu können, sind wir nicht blos berechtigt, sondern sogar genöthigt, jeder der darin vorkommenden Grösse das negative Vorzeichen zu geben, so bald sie continuirlich abnehmend kleiner als Null geworden ist.

---

1) Setzt man in Gl. 6 $f_1 = \infty$, so wird f_2 die hintere Hauptbrennweite, also $\dfrac{n_2}{F_2} = \dfrac{n_2 - n_1}{R}$; für $f_2 = \infty$ folgt ebenso

$\dfrac{n_1}{F_1} = \dfrac{n_2 - n_1}{R}$: die Resultate des § 1.

a) Den Radius $BM = R$ haben wir positiv gerechnet, wenn das Kugelflächenstück dem einfallenden Licht seine convexe Seite zukehrt. R nimmt ab, wenn B näher an M heranrückt und wird null, wenn B mit M zusammenfällt. Rückt B noch weiter, so nimmt das Kugelflächenstück die entgegengesetzte Lage gegen die einfallenden Lichtstrahlen an, die Strahlen fallen auf die Concavität der Kugel. Die Note auf S. 589 zeigt auch direct, dass, wenn wir in diesem Fall R negativ setzen, wir in Uebereinstimmung mit dem Brechungsgesetz bleiben.

b) Wenn R positiv ist, wird (nach Gl. I) F_2 positiv, falls $n_2 - n_1$ positiv, d. h. $n_2 > n_1$, oder Medium II optisch dichter als I. Dann ist auch immer F_1 positiv (nach Gl. II); durch Division von Gl. II durch I erhalten wir

$$\text{IV)}\quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{n_1}{n_2},$$

d. h. F_1 und F_2 müssen in jedem Fall dasselbe Vorzeichen besitzen, da n_1 und n_2, die Brechungsexponenten, nothwendig positive Zahlen sind ($\geqq 1$ und < 3). Negativ wird F_2 (d. h. der zweite Hauptbrennpunkt hat zur Kugelfläche die entgegengesetzte Lage; er liegt im Medium I),

α) wenn R negativ, $(n_2 - n_1)$ positiv;

β) wenn R positiv, $(n_2 - n_1)$ negativ.

Diese beiden Fälle bedeuten dasselbe System, von zwei verschiedenen Seiten betrachtet; man kann auch sagen, F_1 und F_2 sind negativ, wenn die concave Seite der Kugelfläche dem optisch dünneren Mittel zugekehrt ist.

Durch Subtraction der Gl. II von I folgt

$$F_2 - F_1 = \frac{(n_2 - n_1)}{(n_2 - n_1)} R \text{ oder}$$

$$\text{V)}\quad F_2 - F_1 = R.$$

Für positive Systeme (d. h. Systeme mit positiven Hauptbrennweiten) ist $F_2 > F_1$: dieses Resultat stimmt mit den Festsetzungen über das Vorzeichen von R.

Setzen wir den einfallenden Strahl OJ in ungeänderter Richtung nach dem zweiten Medium fort, (sei OJT die Richtung des einfallenden Strahles); so wird durch unser positives System der Strahl durch Brechung gegen die Axe hin (in Richtung JP)

abgelenkt. Fällt der Strahl PJ in umgekehrter Richtung ein auf dasselbe positive System, so wird er durch die Brechung gleichfalls gegen die Axe hin (in Richtung JO) abgelenkt. Der Ablenkungswinkel δ wird positiv gerechnet für diesen Fall

$$\delta = J - \varrho = \frac{(n_2 - n_1)}{n_2} J.$$

Bedeutet Fig. 2_a ein negatives System (R positiv, $n_2 < n_1$), so wird der einfallende Strahl OJ nach UJ abgelenkt, der Strahl wird durch die Brechung von der Axe entfernt, der Ablenkungswinkel δ wird negativ. Ist aber für dasselbe negative System UJ der einfallende Strahl, so stellt OJ den gebrochenen Strahl dar, der gleichfalls von der Hauptaxe abgelenkt ist. Mithin hängt die Art der Ablenkung, ob zur Axe oder von der Axe, nur von dem (positiven oder negativen) Charakter des Systems, nicht von der Richtung des Durchgangs ab.

c) $OB = f_1$ haben wir positiv gesetzt, wenn O im ersten Medium d. h. im Gange der einfallenden Lichtstrahlen vor B gelegen ist; f_1 nimmt ab, wenn O näher an B heranrückt, und wird null, wenn O mit B zusammenfällt. In dem letzteren Fall wird auch (nach Gl. IIIa) $f_2 = 0$: dieses Resultat ist selbstverständlich, da von B aus Lichtstrahlen nach beiden Medien vordringen, somit in B der Object- und der Bildpunkt zusammenfallen. Rückt O in gleichem Sinne weiter, d. h. über B hinaus in das zweite Medium hinein, so wird $f_1 < 0$, d. h. negativ.

$BP = f_2$ haben wir positiv gerechnet, wenn P im Sinne der vordringenden Lichtstrahlen jenseits B liegt; f_2 nimmt ab, wenn P näher an B heranrückt und wird Null, wenn P mit B zusammenfällt. Rückt P in gleicher Richtung noch weiter über B hinaus, also in das erste Medium hinein, so muss $f_2 < 0$, d. h. negativ werden. Für ein negatives System wird F_1 und F_2 negativ; es wird also aus

$$\text{IIIa)} \quad f_2 = \frac{-F_2 f_1}{(f_1 + F_1)},$$

d. h. für positive f_1 wird f_2 immer negativ: für einen im ersten Mittel gelegenen Objectpunkt liegt auch der Bildpunkt im ersten Mittel.

§ 4. Abbildung von Objecten.

Es sei in Fig. 2 ausser O noch ein anderer Punkt O' neben der Hauptaxe vorhanden, so dass $OM = O'M$ und OMO' ein kleiner Winkel (etwa $\angle OMO' \leqq \frac{\pi}{20}$).

Wir betrachten jetzt $O'M$ als Axe des Systems. Alle von O' auf $B_1 B_2$ fallenden Strahlen besitzen so kleine Einfallswinkel, dass diese gleich ihren Sinus gesetzt werden können: folglich werden alle einfallenden Strahlen (nach § 2) in einen und denselben Punkt P' der Axe $O'M$ vereinigt, so dass $MP' = MP$.

Liegen zwischen O und O' leuchtende Punkte auf der um M mit dem Radius OM construirten Kugelfläche, so liegen ihre Bildpunkte zwischen P und P' auf der Kugelfläche, welche um M mit dem Radius MP construirt wird. Object und Bild sind geometrisch ähnlich (oder perspectivisch zu einander), weil alle Axen in M sich kreuzen. Object und Bild haben die entgegengesetzte Lage zur Hauptaxe aus dem nämlichen Grunde. Sehr kleine Stücke einer Kugelfläche weichen von der Tangentialebene nicht merklich ab, d. h. der kleine Bogen $O'O$ in Fig. 2 kann durch die Grade $O'O \perp OMP$, und der kleine Bogen $P'P$ durch die Grade $P'P \perp OMP$ ersetzt werden.

Von einem ebenen und zur Hauptaxe senkrechten Object $O'O$, dessen scheinbare Grösse (vom Mittelpunkt des Systems M aus gesehen) sehr klein ist,[1]) entwirft das System ein bestimmtes ebenes und zur Hauptaxe senkrechtes Bild, welches dem Object ähnlich ist.

Für ein negatives System gelten analoge Schlussfolgerungen; nur liegt (Fig. 2_a) für positive f_1 der kleine Bogen pp', welcher das Bild von OO' darstellt, von M aus auf derselben Seite wie OO' und hat deshalb auch dieselbe Lage gegen die Hauptaxe (vergl. § 3 zu Ende). Wird (Fig. 2) OO' mit β_1 und $P'P$ mit $-\beta_2$

---

1) $\frac{OO'}{OM}$ muss im Verhältniss zu R eine kleine Zahl darstellen.

bezeichnet, (das Minuszeichen bedeutet die entgegengesetzte Lage gegen die Hauptaxe), so folgt aus der wegen Gleichheit der Winkel stattfindenden Aehnlichkeit der rechtwinkligen Dreiecke $O'OM$ und $P'PM$

$$1)\ -\frac{\beta_1}{\beta_2}=\frac{OM}{PM}=\frac{f_1+R}{f_2-R}=\frac{f_1+F_2-F_1}{f_2-F_2+F_1}(\text{nach Gl. V})=\frac{F_2+(f_1-F_1)}{F_1+(f_2-F_2)}$$

$$f_1-F_1=\varphi_1;\ f_2-F_2=\varphi_2=\frac{F_1F_2}{\varphi_1}(\S\ 3\ \text{Gl. III}_c).$$

$$-\frac{\beta_1}{\beta_2}=\frac{F_2+\varphi_1}{F_1+\frac{F_1F_2}{\varphi_1}}=\frac{(F_2+\varphi_1)\varphi_1}{F_1\varphi_1+F_1F_2}=\frac{(F_2+\varphi_1)\varphi_1}{(F_2+\varphi_1)F_1}.$$

und, da $\frac{\varphi_1}{F_1}=\frac{F_2}{\varphi_2}$ (Gl. III c);

$$\text{VI)}\quad \frac{\beta_1}{\beta_2}=-\frac{\varphi_1}{F_1}=-\frac{F_2}{\varphi_2};$$

oder, wenn für φ_1 und φ_2 wieder aus § 3 ihre Werthe eingesetzt werden,

$$\text{VI a)}\quad \frac{\beta_1}{\beta_2}=\frac{F_1-f_1}{F_1}=\frac{F_2}{F_2-f_2}$$

Die Formel VI a) ist abgeleitet für positive Systeme und besagt, dass für positive f_1, die grösser sind als F_1, $\frac{\beta_1}{\beta_2}$ negativ wird, d. h. die beiden conjugirten Bilder im Verhältniss zur Hauptaxe die entgegengesetzte Lage besitzen, und dass das directe Bildgrössenverhältniss $-\frac{\beta_1}{\beta_2}$ abnimmt, wenn f_1 abnimmt, also der absolute Werth von $+(f_1-F_1)$ abnimmt.

Für $f_1=2F_1$ wird $-\frac{\beta_1}{\beta_2}=\frac{(2-1)F}{F}=1$ oder $\beta_2=-\beta_1$;

für $f_1=F_1$ wird $-\frac{\beta_1}{\beta_2}=0$ oder, wenn β_1 endlich, $\beta_2=-\infty$,

d. h. für ein endliches Object im ersten Hauptbrennpunkt wird das Bild unendlich gross. Das inverse Bildgrössenverhältniss $-\frac{\beta_2}{\beta_1}=\frac{f_2-F_2}{F_2}$ nimmt ab mit abnehmendem f_2;

für $f_2=2F_2$ wird $-\frac{\beta_2}{\beta_1}=1$ oder $\beta_1=-\beta_2$

für $f_2=F_2$ wird $-\frac{\beta_2}{\beta_1}=0$ oder $\beta_1=-\infty$.

Schreiben wir Gl. 1 dieses § jetzt $\frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{f_1 + R}{-f_2 + R}$, so stellt sie das directe Bildgrössenverhältniss eines negativen Systems dar, für welches aber bei positivem f_1 immer f_2 negativ, also $\frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{f_1 + R}{f_2 + R} = \frac{00'}{pp'}$, wie Fig. 2_a ergiebt: somit gelten die Gl. 1, VI und $\mathrm{VI_a}$ auch für negative Systeme.

Setzen wir in VI und $\mathrm{VI_a}$) F_1 resp. F_2 negativ, f_1 aber positiv, so folgt für ein negatives System

$$\frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{\varphi_1}{F} = \frac{F}{\varphi_2}; \qquad \frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{F_1 + f_1}{F_1} = \frac{F_2}{F_2 + f_2}$$

d. h. bei positiver Objectsdistanz ist das Bild stets dem Object gleich gerichtet.

§ 5. Einfachste Darstellung des Gesetzes der conjugirten Bild-Distanzen und der conjugirten Bildgrössen.

Die Objectsdistanz $\overline{OB} = f_1$ und die Bilddistanz $\overline{PB} = f_2$ (Fig. 2) wurden vom Scheitel B aus gerechnet. Man kann sie aber auch von anderen festen Punkten der Hauptaxe aus rechnen, die Objectsdistanz vom ersten Hauptbrennpunkt L, die Bilddistanz vom zweiten Hauptbrennpunkt G.

Wir haben dazu die Zeichen φ_1, φ_2 gewählt und erhielten

$$1) \quad \varphi_1 \varphi_2 = F_1 F_2 \text{ (III}_c \text{ § 3) oder } \varphi_2 = \frac{F_1 F_2}{\varphi_1}.$$

$$2) \quad \frac{\beta_1}{\beta_2} = -\frac{\varphi_1}{F_1} = -\frac{F_2}{\varphi_2} \text{ (VI}_a \text{ § 4.)}$$

φ_2 ist umgekehrt proportional zu φ_1; wenn φ_1 abnimmt, nimmt ϕ_2 regelmässig zu, und umgekehrt.

$\varphi_1 = +\infty$, giebt nach Gl. 1) $\varphi_2 = 0$,
$\varphi_1 = +F_1$, „ „ „ $\varphi_2 = +F_2$,
$\varphi_1 = 0$, „ „ „ $\varphi_2 = \pm\infty$,
$\varphi_1 = -F_1$, „ „ „ $\varphi_2 = -F_2$,
$\varphi_1 = -\infty$, „ „ „ $\varphi_2 = 0$.

Wählt man die Zahl $F_1 \cdot F_2$ als Einheit des Längenmaasses, setzt man $F_1 \cdot F_2 = 1$, so wird überraschend einfach $\varphi_2 = \frac{1}{\varphi_1}$.

Aus Gl. 2) folgt für

$$\varphi_1 = +\infty, \quad \frac{\beta_1}{\beta_2} = -\infty, \quad \frac{\beta_2}{\beta_1} = 0,$$

$$\varphi_1 = +F_1, \quad \frac{\beta_1}{\beta_2} = -1, \quad \frac{\beta_2}{\beta_1} = -1,$$

$$\varphi_1 = 0, \quad \frac{\beta_1}{\beta_2} = 0, \quad \frac{\beta_2}{\beta_1} = -\infty,$$

$$\varphi_1 = -F_1, \quad \frac{\beta_1}{\beta_2} = +1, \quad \frac{\beta_2}{\beta_1} = +1,$$

$$\varphi_1 = -\infty, \quad \frac{\beta_1}{\beta_2} = +\infty, \quad \frac{\beta_2}{\beta_1} = 0.$$

§ 6. Die Divergenzwinkel.

Fällt von dem Object OO' (Fig. 2) ein beliebiger Strahl OJ auf die Trennungsfläche des Systems, so ist d der Divergenzwinkel zwischen dem einfallendem Strahle und der Hauptaxe, $\operatorname{tang} d = \frac{JQ}{OQ} = \frac{c}{f_1}$ oder, sehr kleine Divergenzwinkel vorausgesetzt;

1) $f_1 d = c$.

Der zu OJ conjugirte Strahl JP macht mit der Hauptaxe den Winkel $D - e$. Das Minuszeichen ist einleuchtend; denn wird durch P die Grade $PS \mp OJ$ gezogen, so dass $\angle d = \angle d'$, so hat $\angle JPB$ gegen die Hauptaxe die entgegengesetzte Lage wie d'.

$$\operatorname{tang}(-e) = \frac{JQ}{QP} = \frac{c}{f_2} \text{ oder}$$

2) $-f_2 e = c$.

Aus 1 und 2 folgt

3) $f_1 d = -f_2 e$ oder $\frac{f_1}{f_2} = -\frac{e}{d}$.

4) $\frac{f_1}{f_2} = \frac{F_1}{f_2 - F_2}$ (Gl. III_b § 2).

5) $-\frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{F_2}{f_2 - F_2}$ (Gl. VI_a § 4.) Gl. 4 durch 5 dividirt giebt

6) $-\frac{f_1}{f_2} \cdot \frac{\beta_2}{\beta_1} = \frac{F_1}{F_2} = \frac{n_1}{n_2}$ (Gl. IV § 3)

7) $\frac{f_1}{f_2} = -\frac{n_1 \beta_1}{n_2 \beta_2}$. Dies eingesetzt in 3, giebt $-\frac{n_1 \beta_1}{n_2 \beta_2} = -\frac{e}{d}$

oder, wenn die absolute Werthe der Divergenzwinkel für den einfallenden Strahl statt d jetzt α_1, für den gebrochenen Strahl statt e jetzt α_2 genannt werden,

$$\text{VII)}\ n_1 \alpha_1 \beta_1 = n_2 \alpha_2 \beta_2.$$

§ 7. Die charakteristischen oder fundamentalen Punktpaare der Hauptaxe.

Während φ_1 von $+\infty$ bis 0 und von 0 bis $-\infty$ variirt wird, nimmt auch φ_2 jeden Werth von 0 bis $+\infty$ und von $-\infty$ bis 0 an, aber jeden Werth nur einmal, d. h. für ein bestimmtes φ_1. Aus der unzähligen Anzahl conjugirter Axenpunkte wollen wir einige charakteristische oder fundamentale hervorheben.

1) $\varphi_1 = +\infty$, $\varphi_2 = 0$. Zu dem vorderen in unendlicher Ferne gelegenen Endpunkt der Hauptaxe ist der zweite Hauptbrennpunkt conjugirt. (Vgl. § 1 und § 5.)

2) $\varphi_2 = +\infty$, $\varphi_1 = 0$. Zu dem hinteren in unendlicher Ferne gelegenen Endpunkt der Hauptaxe ist der erste Hauptbrennpunkt conjugirt.

3) $\varphi_1 = -F_1$, $\varphi_2 = -F_2$.

$\varphi_1 = -F_1$ bedeutet (Fig. 2) den Scheitel B, da $\overline{LB} = F_1$ und φ_1 negativ ist, wenn es im Gange der Lichtstrahlee hinter L liegt.

$\varphi_2 = -F_2$ bedeutet auch den Scheitel B, da $\overline{GB} = F_2$, und φ_2 negativ ist, wenn es im Gange der Lichtstrahlen vor G liegt. (Vgl. § 2 zu Ende.)

Der Punkt B ist sich selber conjugirt (vgl. § 3, c) und wird als Hauptpunkt des Systems, die in B auf der Hauptaxe senkrechte Ebene als Hauptebene bezeichnet.

Setzen wir in VI) $\frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{\varphi_1}{-F_1}$ jetzt

$\varphi_1 = -F_1$, so folgt

$$\frac{\beta_1}{\beta_2} = 1$$

als charakteristische Eigenschaft der Hauptebene: Object und Bild sind gleich und gleich gerichtet.

(§ 3.) Aus VII § 6 folgt für die Hauptebene $\frac{n_1}{n_2} = \frac{\alpha_2}{\alpha_1}$.

4) $\varphi_1 = -F_2$, $\varphi_2 = -F_1$. $\varphi_1 = -F_2$ giebt den Krümmungsmittelpunkt M, $\overline{ML} = -(F_1 + R) = -F_2$ (Gl. V). $\varphi_2 = -F_1$ giebt denselben Punkt M, $\overline{GM} = -(F_2 - R) = -F_1$.

Auch der Punkt M ist sich selber conjugirt, wie selbstverständlich, da die von M ausgehenden Strahlen (Radien) vollkommen lothrecht auf die Kugelflächen fallen und ungebrochen in das andere Medium austreten, und umgekehrt.

M wird der Knotenpunkt des Systemes genannt, und die in M auf der Hauptaxe senkrechte Ebene die Knotenpunktsebene.

Setzen wir in VI) $\frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{\varphi_1}{-F_1}$ jetzt

$\varphi_1 = -F_2$, so folgt

$$\frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{-F_2}{-F_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

oder $\frac{\beta_2}{\beta_1} = \frac{n_1}{n_2}$.

Dies eingesetzt in VII) $\frac{n_1\alpha_1}{n_2\alpha_2} = \frac{\beta_2}{\beta_1}$ giebt

$$\frac{n_1\alpha_1}{n_2\alpha_2} = \frac{n_1}{n_2} \text{ oder}$$

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = 1$$

als charakteristische Eigenschaft der Knotenpunktsebene: die Divergenzwinkel sind gleich d. h. ein nach dem Knotenpunkt zielender Strahl wird nicht abgelenkt.

§ 8. Erweiterung des Begriffs der Hauptbrennweiten.

Befindet sich das Object $\beta_1 = 1$ im ersten Hauptbrennpunkt, so ist die directe Vergrösserung $v \left[= \frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{\varphi_1}{-F_1} \text{(VI)} \right]$ gleich null, da $\varphi_1 = o$ (§ 5). Wird das Object $\beta_1 = 1$ um $-F_1$ auf der Axe verschoben, d. h. nach dem Hauptpunkt, so ist $v = +\frac{\beta_1}{\beta_2} = +1$ (§ 7), da $\varphi_1 = -F_1$. Wird dasselbe Object $\beta_1 = 1$ beliebig auf der Axe verschoben, so erlangt die directe Vergrösserung

$v = \frac{\beta_1}{\beta_2}$ jeden beliebigen Werth zwischen $+\infty$ und $-\infty$ (§ 5), aber jeden nur ein Mal d. h. für einen bestimmten Werth der variablen φ_1. Wird das Object $\beta_1 = 1$ von einem beliebigen Axenpunkt aus um die Strecke $-F_1$ verschoben, so wächst die directe Vergrösserungszahl v jedes Mal um die Einheit an.

Es sei $\frac{\beta_1}{\beta_2} = -\frac{\varphi_1}{F_1} = \alpha$, wo α eine beliebige Zahl; ferner

$$\frac{\beta_1}{\beta_2'} = -\frac{\varphi_1'}{F_1} = \alpha + 1. \quad \text{Gesucht wird } \varphi_1'.$$

$\frac{\varphi_1'}{-F_1} = -\frac{\varphi_1}{F_1} + 1 = \frac{\varphi_1 - F_1}{-F_1}$, also $\varphi_2' = \varphi_2 - F$, wodurch unsere Behauptung erwiesen und eine allgemeinere Definition der vorderen Hauptbrennweite gewonnen ist.

Es sei für $\beta_1 = 1$ das inverse Bildgrössenverhältniss, welches auch (nach § 5) jeden Werth zwischen $+\infty$ und $-\infty$ annehmen kann,

$$\frac{\beta_2}{\beta_1} = \frac{\varphi_2}{-F_2} = \alpha, \text{ wo } \alpha \text{ eine beliebige Zahl; ferner}$$

$$\frac{\beta_2'}{\beta_1} = \frac{\varphi_2'}{-F_2} = \alpha + 1. \quad \text{Gesucht wird } \varphi_2'.$$

$\frac{\varphi_2'}{-F_2} = \frac{\varphi_2}{-F_2} + 1 = \frac{\varphi_2 - F_2}{-F_2}$, also $\varphi_2' = \varphi_2 - F_2$. Wird das Bild β_2 des Objectes β_1 um $-F_2$ auf der Hauptaxe verschoben (durch Verschiebung des Objectes β_1), so wächst das inverse Bildgrössenverhältniss um die Einheit.

Diese erweiterte Definition der Hauptbrennweiten giebt die sicherste Methode zur empirischen Bestimmung derselben.

II. Brechung an beliebig vielen Kugelflächen.

§ 9. Unter der Voraussetzung, dass die sämmtlichen vorkommenden Lichtstrahlen mit der Hauptaxe eines beliebigen centrirten[1]) Systemes von m Kugelflächen zwischen $(m+1)$ isotropen Medien nur kleine Winkel $\left(< 9^\circ \text{ oder } \frac{\pi}{20}\right)$ bilden, gel-

1) d. h. eines solchen dessen m Krümmungsmittelpunkte auf derselben Geraden, der Hauptaxe, liegen.

ten die folgenden Sätze[1]) wie für eine einzelne Brechung so auch für alle m Brechungen:

1) Ein homocentrisches Strahlenbündel bleibt homocentrisch (§ 2 und § 4).

Fällt ein homocentrisches Strahlenbündel auf die erste Kugelfläche, so bleibt es nach der Brechung homocentrisch. Folglich gelangt ein homocentrisches Strahlenbündel auf die zweite Kugelfläche, welche dasselbe nach der Brechung wieder homocentrisch hervorgehen lässt u. s. f.

2) Von einem ebenen Object β, das senkrecht zur Hauptaxe steht, wird nach den m Brechungen ein ebenes Bild β' gebildet, das senkrecht zur Hauptaxe steht und dem Object geometrisch ähnlich ist.

a) Die erste Brechung entwirft von β das Bild β_1, dieses dient als Object für die zweite Brechung, welche das Bild β_2 liefert u. s. f. Ist β senkrecht zur Hauptaxe, so bleibt auch β_1 senkrecht zur Hauptaxe; ist β_1 senkrecht zur Hauptaxe, so bleibt auch β_2 senkrecht zur Hauptaxe, u. s. f. (§ 4.)

b)
$$\begin{array}{c} \beta \sim \beta_1 \\ \beta_1 \sim \beta_2 \\ \cdots\cdots \\ \beta_{m-1} \sim \beta' \\ \hline \beta \sim \beta'. \end{array}$$

3) Ist das Object β nach Lage und Grösse bestimmt, so ist auch das definitive Bild β', welches nach den m Brechungen hervorgeht, nach Lage und Grösse bestimmt.

Von dem nach Lage und Grösse bestimmten Object β liefert die erste Brechung an der ersten gegebenen Kugelfläche ein nach der Lage und Grösse bestimmtes Bild β_1 (§ 4); β_1 wird Object für die zweite gegebene Kugelfläche, welche von β_1 das nach Lage und Grösse bestimmte Bild β_2 liefert, u. s. f. bis β'. Das directe Bildgrössenverhältniss $\frac{\beta}{\beta'}$ des zusammengesetzten Systems hängt, abgesehen von den Constanten der m Kugelflächen, lediglich von der Grösse und Lage des Ob-

1) Helmholtz, physiol. Optik S. 50.

jectes ab, also, wenn die Grösse des Objectes als constant betrachtet wird, lediglich von seiner Lage (Objectdistanz) und den Constanten der m Kugelflächen.

4) Es ist $n\beta\alpha = n'\beta'\alpha'$, wenn die Grössen ohne Index sich auf das erste, die mit dem Index $'$ sich auf das letzte der $(m+1)$ Medien beziehen. (§ 6.)

$$
\begin{aligned}
n_1\,\alpha_1\,\beta_1 &= n_2\,\alpha_2\,\beta_2 \\
n_2\,\alpha_2\,\beta_2 &= n_3\,\alpha_3\,\beta_3 \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots \\
n_m\,\alpha_m\,\beta_m &= n_{m+1}\,\alpha_{m+1}\,\beta_{m+1} \\
\hline
n_1\,\alpha_1\,\beta_1 &= n_{m+1}\,\alpha_{m+1}\,\beta_{m+1} \quad \text{oder} \\
n\,\alpha\,\beta &= n'\,\alpha'\,\beta'.
\end{aligned}
$$

§ 10. Die Hauptbrennpunkte des zusammengesetzten Systems.

Aus dem ersten Satz des § 9 folgt, dass das aus m Kugelflächen zusammengesetzte System auf der Hauptaxe einen zweiten Brennpunkt B' besitzt, den Vereinigungspunkt der im ersten Medium (von einem unendlich fernen Punkte der Hauptaxe herkommenden) parallel der Hauptaxe einfallenden Lichtstrahlen; und einen ersten Brennpunkt B, den Vereinigungs- oder Ausgangspunkt der im letzten Medium parallel der Hauptaxe verlaufenden Strahlen.

Die Lage der Brennpunkte ist auf empirischem Wege einfach zu ermitteln.[1]) (Wie dieselbe theoretisch aus den Constanten der m Kugelflächen gefunden wird, soll im nächsten Abschnitt gezeigt werden.)

In B befinde sich das Object $\beta = 1$. Wir betrachten irgend einen von B ausgehenden Strahl, dessen Divergenzwinkel α einen endlichen Werth besitzt; der zugehörige definitive Bildstrahl tritt parallel der Hauptaxe aus, $\alpha'=0$. Nun ist immer (§ 9,4)

$$\frac{\beta}{\beta'} = \left(\frac{n'}{n} \cdot \frac{1}{\alpha}\right) \alpha'.$$

---

1) Teleskope, d. h. solche Systeme, denen bei endlicher Dimension unendlich entfernte Brennpunkte zukommen, müssen zu diesem Behufe in ihre beiden Hälften zerlegt und jede Hälfte besonders untersucht werden.

Der eingeklammerte Factor rechterseits ist von endlichem Werth, da $\frac{1}{\alpha}$ nach der Annahme endlich, $\frac{n'}{n}$ seiner Natur nach endlich und zwischen den Grenzen 3 und $^1/_3$ eingeschlossen ist; α' aber ist null: folglich wird die rechte Seite des Gl. null, also $\frac{\beta}{\beta'} = 0$, wenn die vom ersten Hauptbrennpunkt des zusammengefassten Systems, nämlich von B ab, gerechnete Objectdistanz $\varphi = 0$. (Wir rechnen die Objectdistanz positiv, wenn β vor B liegt und umgekehrt.)

Da das directe Bildgrössenverhältniss oder die Vergrösserung des zusammengesetzten Systems $\frac{\beta}{\beta'}$ für ein Object $\beta = 1$ lediglich von der Objectdistanz und den Constanten der m Kugelflächen abhängt (§ 9, 3), dergestalt, dass für das gegebene System zu einer bestimmten Distanz des Objectes $\beta = 1$ nur eine bestimmte Vergrösserung $\frac{\beta}{\beta'}$ gehört; so kann die Gleichung, welche den Zusammenhang zwischen $\frac{\beta}{\beta'}$ und φ regelt, nur eine lineare sein. Die allgemeinste Form einer solchen Gleichung vom ersten Grade ist bekanntlich $\frac{\beta}{\beta'} = C\varphi + C'$, wo C und C' Constanten.

Da für $\varphi = 0$ auch $\frac{\beta}{\beta'} = 0$ wird, wie oben bewiesen worden, so fällt C' fort; es bleibt $\frac{\beta}{\beta'} = C\varphi$. (Selbstverständlich darf man nicht setzen $\frac{\beta}{\beta} = \frac{C}{\varphi}$, da für $\varphi = 0$ auch $\frac{\beta}{\beta'} = 0$, nicht aber gleich ∞).

§ 11. Die Hauptbrennweiten des zusammengesetzten Systems.

Hat das Object $\beta = 1$ eine bestimmte Entfernung von B, folglich φ einen bestimmten Werth; so bedeutet (§ 9, 3) das directe Bildgrössenverhältniss des zusammengesetzten Systems $\frac{\beta}{\beta'}$ eine bestimmte Zahl v. Jetzt verschieben wir (nach Töpler)

dem Gange der einfallenden Lichtstrahlen entsprechend, so dass φ abnimmt, β auf der Hauptaxe um eine so grosse Strecke F, dass v um die Einheit angewachsen ist; b' sei dann die Grösse des definitiven Bildes.

$$\frac{\beta}{b'} = v + 1 = C(\varphi - F)$$

$$\frac{\beta}{\beta'} = v \quad = C\varphi \quad . \text{ Subtr.}$$

$$1 = -\ CF \text{ oder } 1)\ C = -\frac{1}{F}.$$

Damit $\frac{\beta}{\beta'}$ noch weiter um eine Einheit anwachse, muss von hier ab β wieder in demselben Sinne um dieselbe Strecke F verschoben werden, da der absolute Werth der Vergrösserungszahl v, von der wir ausgingen, ganz beliebig war. F ist also für das aus m Kugelflächen zusammengesetzte System eine Constante von endlichem Werthe, welche wir als die erste Hauptbrennweite des Systems definiren. Wir erhalten somit aus $\frac{\beta}{\beta'} = C\varphi$ (§ 10) und aus $C = -\frac{1}{F}$ schliesslich

$$2)\ \frac{\beta}{\beta'} = \frac{-\varphi}{F}.$$

φ ist variabel, da die Objectsdistanz (gerechnet von B) jeden beliebigen Werth von $+\infty$ bis $-\infty$ annehmen kann. Dabei muss für $\beta = 1$ auch das directe Bildgrössenverhältniss wegen der linearen Gl. 2) jeden beliebigen Werth von $+\infty$ bis $-\infty$ annehmen, aber jeden nur ein Mal d. h. für ein bestimmtes φ.

$$\text{Für } \varphi = \ 0 \text{ wird } \frac{\beta}{\beta'} = \ 0$$

$$\varphi = +F \qquad \frac{\beta}{\beta'} = -1$$

$$\varphi = -F \qquad \frac{\beta}{\beta'} = +1$$

$$\varphi = \ \infty \qquad \frac{\beta}{\beta'} = \ \infty \quad \text{u. s. f.}$$

Wir können aber auch β' als Object betrachten und gleich

1 setzen. Für eine Objectdistanz φ' [1]) gleich null wird auch $\frac{\beta'}{\beta} = 0$ (Vgl. § 10). Deshalb können wir setzen

$$3) \quad \frac{\beta'}{\beta} = D\varphi',$$

wo D eine noch zu ermittelnde Constante darstellt.

Für irgend ein bestimmtes φ' sei $\frac{\beta'}{\beta} = w$, wo w irgend eine Zahl bedeutet. Wir verschieben β', so dass φ' abnimmt, auf der Hauptaxe um eine so grosse Strecke F', dass w um die Einheit angewachsen: b sei jetzt die Grösse des definitiven Bildes.

$$\frac{\beta'}{\beta} = D\varphi' = w$$

$$\frac{\beta'}{b} = D(\varphi' - F') = w + 1$$

$$-DF' = 1 \text{ oder } 3) \; D = \frac{-1}{F'}$$

$$\text{folglich} \quad 4) \; \frac{\beta'}{\beta} = \frac{-\varphi'}{F'}$$

Da die Zahl w, von der wir ausgingen, ganz beliebig, ist F' für das aus m Kugelflächen zusammengesetzte System eine Constante, welche wir als die zweite Hauptbrennweite des Systemes definiren.

Aus 2 und 4 folgt allgemein

$$\text{I} \quad \frac{\beta}{\beta'} = -\frac{\varphi}{F} = -\frac{F'}{\varphi'}$$

und hieraus

$$\text{II} \quad \varphi\varphi' = FF':$$

genau so wie für eine einzelne Kugelfläche.

φ ist die Objectdistanz, welche wir positiv gerechnet haben, wenn im Gange der vom ersten Medium her einfallenden Lichtstrahlen β vor B liegt; φ' ist die Bilddistanz, welche wir positiv gerechnet haben, wenn im Gange der vom ersten Medium her einfallenden Strahlen β' hinter B' liegt. F ist die erste Hauptbrennweite, F' die zweite Hauptbrennweite des zu-

1) Gerechnet von B', positiv, wenn β' im Gange der jetzt aus dem letzten Medium herkommenden Strahlen vor B' liegt.

sammengesetzten Systems. Wann diese Grössen positiv zu rechnen sind, soll später definirt werden (Abschn. III). Jedenfalls nennen wir ein zusammengesetztes System collectiv, wenn es reelle Brennpunkte besitzt, wenn also ein parallel der Hauptaxe im ersten Medium auffallendes Strahlenbündel zu einen auffangbaren Bildpunkt im letzten Medium wirklich vereinigt wird. Man sieht sofort, dass, wenn der eine Brennpunkt des zusammengesetzten Systems reell ist, auch der andere reell sein muss. Wäre dies nicht der Fall, so würde ein zur Hauptaxe paralleles Strahlenbündel durch dieselben (identischen) m Kugelflächen bei der einen Durchgangsrichtung nach der Axe zugebrochen, bei der Entgegengesetzten von der Axe weggebrochen, wodurch für ein oder mehrere Kugelflächen ein Widerspruch mit § 3, c entstehen müsste.

Gl. I regelt die Grösse, Gl. II die Lage zweier conjugirter Bilder des zusammengesetzten Systems.

Wenn φ abnimmt, nimmt φ' zu, da

$$\varphi' = \frac{FF'}{\varphi}.$$

Wenn φ von $+\infty$ bis $-\infty$ variirt wird, nimmt φ' jeden Werth von $+\infty$ bis $-\infty$ an, aber jeden nur ein Mal d. h. für ein bestimmtes φ.

$$\begin{array}{llll} \text{Für } \varphi = & 0 & \text{wird } \varphi' = & +\infty \\ \varphi = & F' & \varphi' = & F \\ \varphi = & F & \varphi' = & F' \\ \varphi = & +\infty & \varphi' = & 0 \quad \text{u. s. f.} \end{array}$$

Wegen $\frac{\beta}{\beta'} = -\frac{\varphi}{F}$ muss auch $\frac{\beta}{\beta'}$, wenn φ von $+\infty$ bis $-\infty$ variirt wird, jeden Werth von $+\infty$ bis $-\infty$ annehmen, aber jeden nur ein Mal d. h. für ein bestimmtes φ.

Deshalb ist die Frage zulässig, für welche Werthe von φ die Vergrösserung $\frac{\beta}{\beta'}$ gleich den einfachen Zahlen

$+\infty$, $+1$, 0, -1, $-\infty$. (Siehe unten § 14.)

§ 13. Zweiter Beweis, dass m Kugelflächen durch ein System zu ersetzen.

Waren die m Kugelflächen vollständig gegeben, so mussten

ihre Brennweiten und ihre Brennpunkte, folglich auch die gegenseitigen Abstände der letzteren bekannt sein. Wir wollen für die m Brechungen an je einer Kugelfläche der Bilddistanz φ und der Brennweite F für jede einzelne Kugelfläche einen unteren Index 1, 2, 3 bis m beilegen, welcher die Ordnungszahl der brechenden Kugelfläche bezeichnet, und einen oberen Index $'$ oder $''$, je nachdem die betreffende Grösse sich auf das erste oder zweite Medium irgend einer der m Kugelflächen bezieht. Es sind dann gegeben

$$F_1', F_1'; \quad F_2', F''; \text{ u. s. f. bis } F_m', F_m'';$$

und ferner

$$d_1 = \overline{B_1'' B_2'};$$
$$d_2 = \overline{B_2'' B_3'};$$
$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot$$
$$d_{m-1} = B_{m-1}'' B_m'.$$

Für die einzelnen Kugelflächen gelten jetzt die folgenden Relationen (I. § 5, Gl. VI.)

$$1) \quad \frac{\beta}{\beta_1} = -\frac{\varphi_1'}{F_1'} = -\frac{F_1''}{\varphi_1''}$$

$$2) \quad \frac{\beta_1}{\beta_2} = -\frac{\varphi_2'}{F_2'} = -\frac{F_2''}{\varphi_2''}$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$m) \quad \frac{\beta_{m-1}}{\beta_m} = \frac{\beta_{m-1}}{\beta'} = -\frac{\varphi'_m}{F_m'} = -\frac{F_m''}{\varphi_m''}.$$

Multiplicirt man diese Gleichungen mit einander, in dem man setzt

$$\alpha) \quad \varphi_1' \varphi_2' \varphi_3' \; . \; . \; . \; . \; \varphi_m' = \varphi'$$
$$\beta) \quad \varphi_2'' \varphi_2'' \varphi_3'' \; . \; . \; . \; . \; \varphi_m'' = \varphi''$$
$$\gamma) \quad F_1' F_2' F_3'' \; . \; . \; . \; . \; F_m'' = F'$$
$$\delta) \quad F_1'' F_2'' F_3'' \; . \; . \; . \; . \; F_m'' = F''; \text{ so folgt}$$

$$\frac{\beta}{\beta'} = \pm \frac{\varphi'}{F'} = \pm \frac{F''}{\varphi''} \quad \text{oder}$$

$$\text{I} \quad \frac{\beta}{\beta'} = -\left(\frac{\pm\varphi'}{F'}\right) = -\left(\frac{F''}{\mp\varphi''}\right)$$

Da β ganz beliebig, so bedeutet diese analytische Formel geometrisch, dass es ein einfaches analoges System geben muss, welches genau dasselbe leistet, wie die Summe der m einzelnen Kugelflächen d. h. von jedem nach Lage und Grösse gegebenen Object β dasselbe nach Lage

und Grösse bestimmte Bild β' liefert, wie die m Brechungen der m Kugelflächen. Unsere Substitutionen α bis δ sind erlaubt, da die sämmtlichen Grössen φ mit zwei Indices nur von der ersten φ_1' und von den Constanten der einzelnen Kugelflächen abhängen.

$$\varphi_1'' = \frac{F_1' F_1''}{\varphi_1'}$$

$$d_1 = \varphi_1'' + \varphi_2' \text{ oder } \varphi_2' = d_1 - \frac{F_1' F_1''}{\varphi_1'} = \frac{\varphi_1' d_1 - F_1' F_1''}{\varphi_1'}$$

$$\varphi_2'' = \frac{F_2' F_2''}{\varphi_2'} = \frac{F_2' F_2'' \varphi_1'}{\varphi_1' d_1 - F_1' F_1''}$$

$$\varphi_3' = d_2 - \varphi_2'' = \frac{\varphi_1' d_1 d_2 - \varphi_1' F_2' F_1''}{\varphi_1' d_1 - F_1' F_1''} \text{ u. s. f.}$$

Geben wir in unserer Gl. I dem $\mp\varphi'$ dieselbe Bedeutung wie im vorigen §, d. h. rechnen wir die Objectsdistanz von demselben Punkte (B) wie dort; so hat auch F' hier dieselbe Bedeutung wie dort.

Die Brennweiten des substitutiven Systems müssen das Product der entsprechenden Brennweiten der einzelnen Kugelflächen enthalten; es muss sein die erste Brennweite F' des substitutiven Systems

$$F' = F_1' \cdot F_2' \, F_3' \; \cdots \; F_m' \cdot \lambda$$

und die zweite Brennweite

$$F'' = F_2'' \; F_2'' F_3'' \; \cdots \; F_m'' \cdot \lambda; \text{ wo}$$

λ einen noch zu ermittelnden Factor darstellt, der bei Ausführung der Multiplication $\varphi_1' \cdot \varphi_2' \cdots \varphi_m'$ in den Nenner, bei Ausführung der Multiplication $\varphi_2'' \varphi_{\cdot 2}'' \cdots \varphi_m''$ in den Zähler des resp. Bruches tritt (§ 20). Aber auch ohne den Factor λ zu kennen, können das Verhältniss $F' : F''$ ermitteln, da diesen beiden Grössen λ gemeinsam ist.

Das zweite Medium der ersten Kugelfläche ist identisch mit dem ersten Medium der zweiten Kugelfläche u. s. f.

Also ist nach (§ 3, IV)

$$\frac{F_1'}{F_1''} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{F_2'}{F_2''} = \frac{n_2}{n_3}$$

. . . .

$$\frac{F_m'}{F_m''} = \frac{n_m}{n_{m+1}} \cdot \text{Multipl.}$$

$$\frac{F_1'\, F_2'\, F_3' \cdots F_m'}{F_1''\, F^{2''}\, F_3'' \cdots F_m''} = \frac{n \cdot n_2 \cdot n_3 \cdots n_m}{n_2 \cdot n_3 \cdots n_m} \cdot \frac{1}{n_{m+1}}$$

$$\text{also [nach I] II)}\ \frac{F'}{F''} = \frac{n_1}{n_m} = \frac{n}{n'};$$

wenn n das erste, n' das letzte der $(m+1)$ Medien charakterisirt: genau wie bei einem einfachen System. (§ 3, IV.)

§ 14. Die fundamentalen Axenpunkte des zusammengesetzten Systems. (Vgl. Fig. 5.)

1) $\varphi = +\infty$ giebt (aus Gl. III § 12) $\varphi' = 0$. Zu dem vorderen in unendlicher Ferne belegenen Endpunkte der Hauptaxe ist der zweite Hauptbrennpunkt B' conjugirt. (§ 10.)

$$\frac{\beta}{\beta'} = -\infty, \quad \frac{\beta'}{\beta} = 0.$$

Zu jedem im ersten Medium parallel der Hauptaxe verlaufenden Strahl gehört ein conjugirter Strahl, der im letzten Medium durch den zweiten Hauptbrennpunkt geht, und umgekehrt.

2) $\varphi' = +\infty$ giebt (aus Gl. III § 12) $\varphi = 0$. Zu dem hinteren in unendlicher Ferne belegenen Ende der Hauptaxe ist der erste Hauptbrennpunkt conjugirt. (§ 10.)

$$\frac{\beta'}{\beta} = -\infty, \quad \frac{\beta}{\beta'} = 0.$$

Zu jedem im ersten Medium durch den ersten Hauptbrennpunkt gehenden Strahl gehört ein conjugirter Strahl, der im letzten Medium parallel der Hauptaxe verläuft, und umgekehrt.

3) $\varphi = -F$ giebt (aus Gl. III § 12) $\varphi' = -F'$. Trägt man von B aus auf der Hauptaxe die Strecke $-F$ ab, so dass $\overline{HB} = -F$, und von B' aus die Strecke $-F'$, so dass $\overline{H'B'} = -F'$: so sind H und H' zwei conjugirte Axenpunkte. Dieselben werden als Hauptpunkte des zusammengesetzten Systems und die in ihnen auf der Hauptaxe senkrechten Ebenen als Hauptebenen bezeichnet. Wird in Gl. IV $\left(\frac{\beta}{\beta'} = -\frac{\varphi}{F}\right)$ jetzt $\varphi = -F$ gesetzt, so folgt für die conjugirten Hauptebenen

$\frac{\beta}{\beta'} = 1$ oder $\beta = \beta'$ als charakteristische Eigenschaft derselben: Object und Bild sind gleich und gleich gerichtet. Aus II_a folgt für dieselben Ebenen $\frac{n}{n'} = \frac{\alpha'}{\alpha}$.

Ein Object in der ersten Hauptebene hat ein Bild in der zweiten Hauptebene, welches dem Object gleich und gleich gerichtet ist; und umgekehrt. Ein Strahl, welcher auf die erste Hauptebene einfällt in der Entfernung $+a$ vom ersten Hauptpunkt, tritt hervor aus der zweiten Hauptebene in derselben Entfernung $+a$ vom zweiten Hauptpunkt; die Gerade, welche die Durchschnittspunkte der Strahlenbahn durch die beiden Hauptebenen mit einander verbindet, ist der Hauptaxe parallel. In einem zusammengesetzten System stehen die beiden Hauptpunkte um die Distanz D von einander ab, bei einem einfachen fallen sie in denselben Punkt, den Scheitel der brechenden Fläche, zusammen. Von den Hauptpunkten des zusammengesetzten Systems aus werden die Brennweiten gerechnet, $\overline{BH} = F$ von H aus und $\overline{B'H'} = F'$ von H' aus: positiv im Sinne der Lichtbewegung. Auch die Bilddistanzen (conjugirten Vereinigungsweiten) können von den Hauptpunkten aus gerechnet werden, indem man setzt

$$f = \varphi + F \quad \text{oder} \quad \varphi = f - F \quad \text{und}$$
$$f' = \varphi' + F \quad \text{oder} \quad \varphi' = f' - F' : \text{dann folgt aus III)}$$
$$(f - F)\,(f' - F) = FF'; \quad f' = \frac{FF'}{f - F} + F' \quad \text{oder}$$
$$\text{V)}\ f' = \frac{fF'}{f - F} \ \text{und ebenso VI)}\ f = \frac{f'F}{f' - F'}.$$

4) $\varphi = -F'$ giebt (nach Gl. III § 12) $\varphi' = -F$. Trägt man auf der Axe von B aus die Strecke $\overline{BK} = -F'$ ab und von B' aus die Strecke $\overline{B'K'} = -F$; so stellen K und K' zwei conjugirte Punkte dar. Dieselben werden als Knotenpunkte und die in ihnen senkrecht zur Hauptaxe errichteten Ebenen als Knotenpunktsebenen bezeichnet. Wird in Gl. IV $\left(\frac{\beta}{\beta'} = -\frac{\varphi}{F}\right)$ jetzt $\varphi = -F'$ gesetzt, so folgt für die conjugirten Knotenpunkte

$$\frac{\beta}{\beta'} = \frac{F'}{F} = \frac{n'}{n} \ \text{(Gl. II § 9) und (aus } II_a \text{ § 9)}$$

$$\frac{\beta}{\beta'} = \frac{n'}{n} = \frac{n'\alpha'}{n\,\alpha}, \text{ also}$$

$$\frac{\alpha}{\alpha'} = 1 \text{ oder } \alpha = \alpha'$$

als charakteristische Eigenschaft derselben: ein Strahl der im ersten Medium nach dem ersten Knotenpunkt zielt, geht im letzten Medium vom zweiten Knotenpunkt aus und bleibt nach der Brechung seiner ursprünglichen Richtung parallel. Ein Object β in der ersten Knotenpunktsebene hat sein Bild β' in der zweiten Knotenpunktsebene, so dass $\beta' = \frac{n}{n'}\beta$ Während in einem einfachen System die beiden Knotenpunkte in einen, den Krümmungsmittelpunkt, zusammenfallen, sind sie in einem zusammengesetzten System um die Strecke D' von einander entfernt. $D' = D$; denn es ist identisch

$$F + D + F' = F' + D' + F,$$

da hierdurch dieselbe Strecke $\overline{BB'}$, die Distanz zwischen den beiden Hauptbrennpunkten auf zwei verschiedene Arten ausgedrückt wird.

5) Setzen wir weiter (nach Töpler) $\frac{\beta}{\beta'} = -1$, so erhalten wir die beiden negativen Hauptpunkte h und h', für welche die conjugirten Bilder gleich gross, aber entgegengesetzt gerichtet sind und für welche

$$\varphi = +F; \ \varphi' = +F'; \ \frac{\alpha}{\alpha'} = -\frac{n'}{n}.$$

6) Setzen wir endlich $\frac{\alpha}{\alpha'} = -1$, so erhalten wir die negativen Knotenpunkte k und k', für welche die conjugirten Divergenzwinkel an absoluter Grösse gleich, aber entgegengesetzt zur Axe gerichtet sind, so dass die gebrochene Bahn eines im ersten Medium durch k, also im letzten durch k' gegehenden Strahles über $k\,k'$ als Basis ein gleichschenkeliges Dreieck bildet und dass für k und k'

$$\varphi = +F'; \ \varphi' = +F; \ \frac{\beta}{\beta'} = -\frac{n'}{n}.$$

§ 15. Die Construction conjugirter Strahlen und Bilder

für ein beliebiges System, dessen fundamentale Punkte bekannt sind, folgt aus den in § 14 geschilderten Eigenschaften der letzteren. (S. Helmholtz, physiol. Opt. 41 und Töpler, Poggendorff's Annalen u. s. w. Bd. 142, S. 234 ff.) Da fünf Paare fundamentaler Punkte existiren, so sind, wenn diese Paare zu je zweien als gegeben betrachtet werden, zehn verschiedene Constructionen ausführbar, von denen die folgenden die einfachsten sind:

1) In Fig. 3 sei ae der einfallende Strahl. Man betrachte die vier Hauptpunkte als gegeben, und mache $H'e' = He$ sowie $-h'a' = ha$: so ist $e'a'$ der gesuchte austretende Strahl.

2) In Fig. 4 sei a ein leuchtender Punkt. Man betrachte die vier Knotenpunkte als gegeben, errichte im Halbirungspunkte von KK' ein Loth, und ziehe die Gerade ak, welche das Loth in m schneidet; verbinde m mit k' und ziehe von K' zu aK eine Parallele: wo diese mk schneidet, liegt der gesuchte Bildpunkt a'.

Fig. 5 giebt nach Töpler die zehn fundamentalen Punkte für das menschliche Auge.

§ 16. Substitution eines zusammengesetzten Systems durch ein einfaches.

Für jedes zusammengesetzte System wie für das einfache (sc. die einzelne Kugelfläche) gelten die folgenden Relationen

$$\text{I)} \quad \frac{F'}{F''} = \frac{n'}{n''}.$$

$$\text{II)} \quad \varphi'\varphi'' = F'F'' \quad \text{oder} \quad \frac{F'}{f'} + \frac{F''}{f''} = 1.$$

$$\text{III)} \quad \frac{\beta'}{\beta''} = -\frac{\varphi'}{F'} = -\frac{F''}{\varphi''}.$$

Denken wir uns das einfache und ein zusammengesetztes System, für welche n', n'' sowie F' und F'' identisch sind, so besteht der Unterschied, dass bei dem ersteren die beiden Hauptpunkte in den Scheitel zusammenfallen, bei dem letzteren

um die Strecke D von einander entfernt bleiben. Die Wirkung des zusammengesetzten Systems besteht in einer parallelen Verschiebung des einfallenden Strahles um die Strecke D' und aus derjenigen Brechung, die dem homologen einfachen System zukommt. Ist D klein gegen die Grössen F, so kann man ohne erheblichen Fehler das zusammengesetzte System ersetzen durch das einfache, dessen Krümmungsradius $F'' - F'$, oder noch genauer durch dasjenige einfache System, dessen Krümmungsradius $(F'' + d'') - (F' + d')$, indem man D derart theilt, dass

$$\left.\begin{aligned} D &= d' + d'' \\ d' : d'' &= n' : n'' \end{aligned}\right\},$$

also

$$F' + d' : F'' + d'' = n' : n''.$$

Für das menschliche Auge ist ungefähr $D = d' + d'' = 0{\cdot}4$ Mm., dagegen $F' = 15$, $F'' = 20$ Mm., mithin die beschriebene Reduction oder Substitution zulässig.

III. Zusammensetzung von zwei beliebigen Kugelflächen-Systemen mit gemeinschaftlicher Hauptaxe.

§ 17. Bedingungsgleichungen.

Für das erste System gilt (§ 11, I)

$$1)\quad \frac{\beta_1}{\beta_2} = -\frac{\varphi_1'}{F_1'} = -\frac{F_1''}{\varphi_1''};$$

ebenso für das zweite

$$2)\quad \frac{\beta_2}{\beta_3} = -\frac{\varphi_2'}{F_2'} = -\frac{F_2''}{\varphi_2''}.$$

Der untere Index 1, 2 der Grössen φ_1, F bezieht sich auf die Ordnungszahl des Theilsystems, der obere Index $'$ auf das erste, $''$ auf das zweite Medium des bezüglichen Theilsystems; die entsprechenden Grössen ohne unteren Index (F', F'') beziehen sich auf das zusammengesetzte System und stellen die Unbekannten der Aufgabe dar. Durch B und H mit den entsprechenden Indices werden die Brenn- und Hauptpunkte bezeichnet. Die beiden Theilsysteme sind gegeben durch ihre Brenn- und

Hauptpunkte;[1]) deshalb ist auch gegeben $d = \overline{B_1'' B_2'}$ d. h. die Distanz zwischen dem zweiten Brennpunkt des ersten und dem ersten Brennpunkt des zweiten Theilsystems. Positiv ist d, wenn in Richtung der einfallenden Lichtstrahlen B_2' hinter B_1'' liegt. Das letzte Medium des ersten Theilsystems ist nothwendig identisch mit dem ersten Medium des zweiten Theilsystems und nothwendig ist für jede Lage des Objectes β_1

$$3)\quad d = \varphi_1'' + \varphi_2' \text{ oder } \varphi_2' = d - \varphi_1'',$$

Ist $d = \varphi_1''$, so wird $\varphi_2' = 0$,

$d > \varphi_1''$, so wird φ_2' positiv,

$d < \varphi_1''$, so wird φ_2' negativ.

Sind die Constanten der beiden Theilsysteme ($F_1'\, F_1''\, F_2'\, F_2''$) gegeben und das Object nach Lage und Grösse bestimmt, d. h. β_1 und φ_1' bestimmt, so ist durch die Doppelgleichungen 1 und 2 und durch die Relation 3 jedes Mal das definitive Bild nach Lage und Grösse eindeutig bestimmt d. h. φ_2'' und β_3 gefunden, folglich muss ein combinirtes System existiren, welches dasselbe leistet, als die beiden Einzelsysteme zusammen genommen.

§ 18. Die charakteristischen Punkte des combinirten Systems.

A) Setzt man (in Gl. I, § 17) $\varphi_1' = +\infty$, so giebt der durch φ_2'' charakterisirte Axenpunkt nothwendig den zweiten Hauptbrennpunkt des combinirten Systems durch seinen Abstand von dem gegebenen zweiten Brennpunkt des zweiten Theilsystems; $\varphi_1' = +\infty$ giebt $\varphi_1'' = 0$, also (nach 3, § 17) $\varphi_2' = d$, folglich nach 2, § 16)

$$\text{I}\quad \varphi_2'' = \frac{F_2'\, F_2''}{d} = \overline{B''\, B_2''}$$

B) Setzt man (in 2, § 17) $\varphi_2'' = +\infty$, so giebt nothwendig der durch φ_1' bestimmte Axenpunkt den ersten Hauptbrennpunkt des combinirten Systems durch seinen Abstand

---

1) Sind statt der Hauptpunkte der Theilsysteme ihre Knotenpunkte gegeben, so kann man entweder für diese eine durchaus analoge Rechnung durchführen oder aus den Brenn- und Knotenpunkten die Hauptpunkte construiren. (§ 14.)

von dem gegebenen ersten Brennpunkt des ersten Theilsystems. $\varphi_2'' = +\infty$ giebt $\varphi_2' = 0$, also (nach 3, § 17) $\varphi_1'' = d$, folglich (nach II, § 16)

$$\text{II)} \quad \varphi_1' = \frac{F_1' F_1''}{d} = \overline{B' B_1'}$$

C) Durch Multiplication der Doppelgleichungen 1, 2 § 17 mit einander erhält man

$$1) \quad \frac{\beta_1}{\beta_3} = \frac{\varphi_1' \ \varphi_2'}{F_1' \ F_2'};$$

$$2) \quad \frac{\beta_1}{\beta_3} = \frac{F_1'' F_2''}{\varphi_1'' \ \varphi_2''}.$$

In diesen Gleichungen muss nothwendig, wenn $\beta_1 = \beta_3$ gesetzt wird, φ_1' den ersten Hauptpunkt des combinirten Systems bestimmen durch seinen Abstand von dem gegebenen ersten Brennpunkt des ersten Theilsystems; und ebenso φ_2'' den zweiten Hauptpunkt des combinirten Systems bestimmen durch seinen Abstand von dem gegebenen zweiten Brennpunkt des zweiten Theilsystems.

Somit folgt aus 1, *C*):

$$1 = \frac{\varphi_1' \ \varphi_2'}{F_1' \ F_2'} \text{ oder, da } \varphi_2' = d - \varphi_1'' = d - \frac{F_1' F_1''}{\varphi_1'} \ (\S\, 17;\ \S\, 11, \text{II}),$$

$$F_1' F_2' = \varphi_1' \ \frac{(d \cdot \varphi_1' - F_1' F_1'')}{\varphi_1'}, \text{ also}$$

$$\text{III)} \quad \varphi_1' = \frac{F_1' F_2' + F_1' F_1''}{d} = \overline{H' B_1'}.$$

Ebenso folgt aus 2, *C*):

$$1 = \frac{F_1'' F_2''}{\varphi_1'' \ \varphi_2''} \text{ oder, da } \varphi_1'' = d - \varphi_2' = d - \frac{F_2' F_2''}{\varphi_2''} \ (\S\, 17;\ \S\, 11, \text{II}).$$

$$\varphi_2'' \ \frac{(d \cdot \varphi_2'' - F_2' F_2'')}{\varphi_2''} = F_1'' F_2'', \text{ also}$$

$$\text{IV)} \quad \varphi_2'' = \frac{F_2'' F_1'' + F_2'' F_2'}{d} = \overline{H'' B_2''}:$$

ein Resultat, das man (mit Rücksicht auf die Gl. 1, 2, *C* unseres §) auch durch cyclische Vertauschung der Indices aus III erhalten konnte.

D) Durch Subtraction der Gl. III von II folgt $\overline{B' B_1'} - \overline{H' B_1'} = \overline{B' H'} = F'$ d. h. die erste Hauptbrennweite des zusammengesetzten Systems; und ebenso, durch Subtraction der

Gl. IV von I) $\overline{B''B'_2{}''}-\overline{H''B_2{}''}=\overline{B''H''}=F''$ d. h. die zweite Hauptbrennweite des zusammengesetzten System. Wir erhalten

$$\text{I}_a)\ F'=-\frac{F_1{}'F_2{}'}{d},$$

$$\text{II}_a)\ F''=-\frac{F_1{}''F_2{}''}{d}.$$

E) An Stelle von $\overline{B_1{}''B_2{}'}=d$ kann auch gegeben sein $\overline{H_1{}''H_2{}'}=D$, d. h. die Distanz zwischen dem zweiten Hauptpunkt des ersten Theilsystems und zwischen dem ersten Hauptpunkt des zweiten Theilsystems. Da nothwenig $D=F_1{}''+d+F_2{}'$ oder $-d=F_1{}''+F_2{}'-D$, so folgt aus Gl. I_a und II_a

$$\text{I}_b)\ F'=\frac{F_1{}'F_2{}'}{F_1{}''+F_2{}'-D}.$$

$$\text{II}_b)\ F''=\frac{F_1{}''F_2{}''}{F_1{}''+F_2{}'+D}.$$

F) Da somit die Brenn- und Hauptpunkte des combinirten Systemes gefunden, sind die Knotenpunkte bekannt (§ 13, 4):

$$\overline{B'K'}=F'',\quad \overline{K''B''}=F'.$$

§ 19. Linsen,

welche in Luft oder, wie die des menschlichen Auges, in eine optisch gleichförmige Flüssigkeit eingetaucht sind, haben zur Bedingungsgleichung (s. Helmholtz a. a. O.)

$$n_1=n_3$$

$$1)\ F'=F''=\frac{n_1n_2r_1r_2}{(n_2-n_1)[n_2(r_2-r_1)+(n_2-n_1)d]}$$

Die Entfernungen der Hauptpunkte (welche hier mit den Knotenpunkten zusammenfallen, da ($F'=F''$), von den Linsenflächen sind

$$2)\ h'=\frac{n_1dr_1}{n_2(r_2-r_1)+(n_2-n_1)d}$$

$$3)\ h''=-\frac{n_1dr_2}{n_2(r_2-r_1)+(n_2-n_1)d}.$$

Die Entfernung der Hauptpunkte von einander:

$$4)\ H=d\cdot\frac{(n_2-n_1)(d+r_2-r_1)}{n_2(r_2-r_1)+(n_2-n_1)d}.$$

Endlich ist

$$5)\quad r=(n_2-n_1)F\left\{1+\sqrt{1-\frac{d}{n_2 F}}\right.$$

für symmetrische Linsen.

Werden zwei gewöhnliche Glaslinsen, bei denen die Hauptebenen innerhalb der Linsensubstanz liegen, mit einander combinirt, so bedeutet $d=0$ das Teleskop ($F'=\infty=F''$) und zwar

$D=F_1''+F_2'$ das astronomische,

$D=F_1''-F_2'$ das Galilei'sche Fernrohr.

Ein negativer Werth von F' (I_a, I_b § 17) bedeutet nur, dass im Gange der einfallenden Lichtstrahlen B' hinter H' liegt, womit ein collectiver Charakter des combinirten Systems nicht unvereinbar ist.[1])

Zwei dispansive Linsen vereinigt geben stets ein dispansives System. Zwei collective Linsen (oder Systeme) ein collectives, ausser wenn

$$D < F_1'' + F_2'$$
$$D > F_1''.$$

Für diese Grenzen von D wird ein parallel auf die erste Linse fallendes Strahlenbündel divergent aus der zweiten austreten. Hierdurch ist ein neues Optometer gegeben, das vor den Instrumenten von A. v. Graefe und Snellen durch Kürze und Handlichkeit sich auszeichnet. An den Enden eines ausschiebbaren Tubus befinden sich starke, aber verschiedene Convex-Gläser (z. B. von 1 und von $^1/_2$ Zoll Brennweite oder von $1^1/_2$ und 1 Zoll Brennweite). Der Untersuchte blickt durch

---

1) Ein Beispiel wird dies klar machen: Zwei Glaslinsen von je 1'' Brennweite stehen 10'' von einander. In der Mitte zwischen beiden befinde sich das Object $\beta=+1$. Die beiden Linsen entwerfen von β die Bilder β_1 und β_2, die gleich gross und gleich gerichtet sind; β_1 liegt $\frac{1}{4}''$ vor dem ersten Brennpunkt, β_2 aber $\frac{1}{4}''$ hinter dem zweiten Brennpunkt der zweiten Linse: folglich liegen hier die Hauptpunkte des combinirten Systems. Fällt ein paralleles Strahlenbündel ein in Richtung 1, 2; so wird es $\frac{1}{8}''$ hinter dem zweiten Brennpunkt der zweiten Linse zu einem reellen Bildpunkt vereinigt. Fällt es in Richtung 2, 1 ein, so wird es $\frac{1}{8}''$ vor dem ersten Brennpunkt der ersten Linse vereinigt. Das combinirte System ist collectiv, aber die Hauptpunkte liegen (um je $\frac{1}{8}''$) vor den Brennpunkten.

den Tubus nach einer auf dem Kopf stehenden Schriftprobentafel und bringt durch Schrauben die beiden Gläser in die für sein Auge passende Entfernung. Die intermediäre Hauptpunktdistanz der beiden Gläser kann aussen am Tubus genau abgelesen werden und bestimmt durch den Grad der Convergenz des austretenden Strahlenbündels die Einstellung des untersuchten Auges. Die erstgenannte Combination ergiebt ungefähr

für Hypermetropie $^1/_3$ . . . . $D = 43$ Mm.,
für Emmetropie . . . . $D = 40{\cdot}5$ „
für Myopie $^1/_3$ . . . . $D = 38{\cdot}5$ „ ;

die zweitgenannte Combination ergiebt

für $H\,^1/_3$ . . . . $D = 79{\cdot}9$,
für E . . . . $D = 67{\cdot}5$,
für $M\,^1/_3$ . . . . $D = 60{\cdot}5$.

Das Instrument kann monocular und binocular und gleichzeitig auch zur Bestimmung der Sehschärfe angewendet werden.

$D < F_1''$ charakterisirt ein zusammengesetztes Objectiv eines einfachen Mikroskops, $D > F_1'' + F_2'$ aber giebt das einfache Schema eines zusammengesetzten Mikroskops.

§ 20. Schluss.

Zwar könnten wir die Untersuchung als beendigt ansehen, da die Formeln des § 18 ausreichen, um nach einander beliebig viele Systeme zusammenzusetzen, aber wir wollen noch einige Schritte weiter gehen, weil wir dann zu einem höheren Standpunkt gelangen, von dem wir unseren Ausgangspunkt und die durchlaufene Bahn überschauen.

Wir nehmen eine Reihe von m beliebigen Kugelflächensystemen auf derselben Axe an.

Für das erste System gilt 1) $\frac{\beta_1}{\beta_2} = -\frac{\varphi_1'}{F_1'} = -\frac{F_1''}{\varphi_1''}$

„ „ zweite „ „ 2) $\frac{\beta_2}{\beta_3} = -\frac{\varphi_2'}{F_2'} = -\frac{F_2''}{\varphi_2''}$

„ „ dritte „ „ 3) $\frac{\beta_3}{\beta_4} = -\frac{\varphi_3'}{F_3'} = -\frac{F_3''}{\varphi_3''}$

„ „ vierte „ „ 4) $\frac{\beta_4}{\beta_5} = -\frac{\varphi_4'}{F_4'} = -\frac{F_4'}{\varphi_4''}$ u. s. f.

B_1' bedeutet den ersten Brennpunkt, H_1' den ersten Hauptpunkt, F_1' die erste Brennweite des ersten Systems u. s. f.

Gegeben sind selbstverständlich auch die intermediären Distanzen:

$$\text{a)}\quad \overline{B_1'' B_2'} = d_1$$
$$\text{b)}\quad \overline{B_2'' B_3'} = d_2$$
$$\text{c)}\quad \overline{B_3'' B_4'} = d_3 \text{ u. s. f.}$$

Wir combiniren System 1 und 2 zu einem neuen System A, für dessen Constanten wir ohne unteren Index schreiben, also B', B''; F', F''; H', H''. Wir combiniren darauf System 1, 2 und 3 zu einem neuen System B, dessen Constanten wir mit $\underline{B'}$, $\underline{B''}$; $\underline{H'}$, $\underline{H''}$; $\underline{F'}$, $\underline{F''}$ bezeichnen.

Wir combiniren System 1, 2, 3 und 4 zu einem neuen System C, dessen Constanten wir mit $\underline{\underline{B'}}$, $\underline{\underline{B''}}$; $\underline{\underline{H'}}$, $\underline{\underline{H''}}$; $\underline{\underline{F'}}$, $\underline{\underline{F''}}$ bezeichnen u. s. f.

Um die Formeln des § 18 direct anwenden zu können, berechnen wir aus den Brennweiten und Abständen der gegebenen Systeme (sc. aus der Grösse F mit 2 Indices und den Grössen d mit einem Index) die Abstände

$$\overline{B'' B_3'} = \underline{d_1}$$
$$\overline{\underline{B''} B_4'} = \underline{d_2} \text{ u. s. f.}$$

a) Nach § 18 gilt für die Combination der beiden ersten Systeme 1 und 2 zu dem System A.

$$\text{I)}\quad \overline{B' B_1'} = \frac{F_1' F_1''}{d_1},$$

$$\text{II)}\quad \overline{B'' B_2''} = \frac{F_2' F_2''}{d_1}.$$

$$\text{III)}\quad \overline{H' B_1'} = \frac{F_1' F_1'' + F_1' F_2'}{d_1}.$$

$$\text{IV)}\quad \overline{H'' B_2''} = \frac{F_2'' F_2' + F_2'' F_1''}{d_1}.$$

$$\text{V)}\quad F' = \overline{B' B_1'} - \overline{H' B_1'} = \frac{-F_1' F_2'}{d_1} = F_1' F_2' \cdot \frac{-1}{d_1}.$$

$$\text{VI)}\quad F'' = \overline{B'' B_2''} - \overline{H'' B_2''} = \frac{-F_1'' F_2''}{d_1} = F_1'' F_2'' \cdot \frac{-1}{d_1}.$$

b) Um die Systeme 1, 2 und 3 zu dem einen System B zu combiniren, fügen wir nach den Formeln sub a) zu dem System A (sc. 1, 2) das System 3, indem wir berücksichtigen, dass

$$\underline{d_1} = \overline{B'' B_3'} = \overline{B_2'' B_3'} - \overline{B'' B_2''}$$

$$\underline{d_1} = d_2 - \frac{F_2' F_2''}{d_1} = \frac{d_1 d_2 - F_2' F_2''}{d_1}.$$

$$\text{VII)}\ \underline{\overline{B' B_1'}} = \frac{F' F''}{d_1} = \frac{F_1' F_2' F_1'' F_2''}{d_1 (d_1 d_2 - F_2' F_2'')}.$$

$$\text{VIII)}\ \underline{\overline{B'' B_3''}} = \frac{F_3' F_3''}{d_1} = \frac{F_3' F_3'' d_1}{(d_1 d_2 - F_2' F_2'')}.$$

$$\text{IX)}\ \underline{\overline{H' B_1'}} = \frac{F' F_3' + F' F''}{d_1} = \frac{-F_1' F_2' F_3' d_1 + F_1' F_1'' F_2' F_2''}{d_1 (d_1 d_2 - F_2' F_2'')}$$

$$\text{X)}\ \underline{\overline{H'' B_3''}} = \frac{F_3'' F'' + F_3' F_3''}{d_1} = \frac{F_3' F_3'' d_1 - F_1'' F_2'' F_3''}{(d_1 d_2 - F_2' F_2'')}.$$

$$\text{XI)}\ \underline{F'} = -\frac{F' F_3'}{d_1} = + \frac{F_1' F_2' F_3'}{(d_1 d_2 - F_1' F_2'')} = F_1' F_2' F_3' \frac{\times(+1)}{(d_1 d_2 - F_2' F_2'')}.$$

$$\text{XII)}\ \underline{F''} = -\frac{F'' F_3''}{d_1} = + \frac{F_1'' F_2'' F_3''}{(d_1 d_2 - F_1' F_2'')} = F_1'' F_2'' F_3'' \frac{\times(+1)}{(d_1 d_2 - F_1' F_2'')}.$$

Hiermit wäre den *practischen* Anforderungen Genüge geleistet, welche die Dioptrik des Auges mit seinen drei brechenden Flächen an uns stellt. Sind für diese drei Flächen (Hornhaut, vordere und hintere Linsenoberfläche) die Brennweiten (F_1' F_1'' F_2' F_2' F_3' F_3'') und die intermediären Abstände (d_1, d_2) gegeben; so kann man nach den Formeln VII bis XII die optischen Constanten des Auges direct hinschreiben. Aber aus *theoretischen* Gründen, um das *Bildungsgesetz* zu erkennen, wollen wir noch ein Glied hinzufügen.

c) Um die Systeme 1, 2, 3 und 4 zu einem neuen System C zu combiniren, fügen wir auch unseren Formeln sub a) zu dem System B (sc. 1, 2, 3) das System 4, indem wir berücksichtigen, dass

$$\underline{d_2} = \overline{B'' B_4'} = \overline{B_3'' B_4'} - \overline{B'' B_3''},$$

$$\underline{d_2} = d_3 - \frac{F_3 F_3'' d_1}{d_1 d_2 - F_2' F_2''} = \frac{d_1 d_2 d_3 - d_3 F_2' F_2'' - d_1 F_3' F_3''}{d_1 d_2 - F_2' F_2''}$$

$$\text{XIII)}\ \underline{\underline{F'}} = -\frac{F' F_4'}{d_2} = F_1' F_2' F_3' F_4' \frac{\times(-1)}{d_1 d_2 d_3 - d_3 F_2' F_2'' - d_1 F_3' F_3''}$$

$$\text{XIV)}\ \underline{\underline{F''}} = -\frac{F'' F_4''}{d_2} = F_1'' F_2'' F_3' F_4'' \frac{\times(-1)}{d_1 d_2 d_3 - d_3 F_2' F_2'' - d_1' F_3' F_3'}.$$

Dieselben Resultate I bis XIV erhält man auch direct aus den Bedingungsgleichungen 1—4 und a bis c dieses §§, nach Anleitung der Rechnungen in § 18.

Nunmehr haben wir eine werthvolle Bestätigung des Satzes gewonnen, dass, wenn auf derselben Axe m einzelne Kugelflächen gegeben sind, die erste Brennweite des aus den m Kugelflächen combinirten Systems gleich dem Product

$$F_1' F_2' F_3' \, \ldots\ldots \, F_m',$$

multiplicirt mit einem constanten Factor; und die zweite Brennweite des combinirten Systems gleich dem Product

$$F_1'' F_2'' F_3'' \, \ldots\ldots \, F_m'',$$

multiplicirt mit demselben Factor. (§ 13.) Ja wir sehen, dass dieser Satz ganz allgemeine Gültigkeit besitzt für m beliebige gegebene Kugelflächensysteme.

Die vordere Brennweite F_1' eines Systemes geht, wenn ein zweites System hinzukommt über in

$$F_1' \times F_2' \times \frac{-1}{d_7};$$

und wenn dazu ein drittes System hinzukommt, in

$$F_1' F_2' \times F_3' \frac{\times(-1)\times(-1)}{d_1 \; d_2 - F_2' F_2''}.$$

und wenn dazu ein viertes System hinzukommt, in

$$F_1 \cdot F_2' F_3' \times F_4' \frac{\times(-1)}{d_1 \, d_2 \, d_3 - d_3 F_2' F_2'' - d_1 F_3' F_3''}.$$

Es ist aber

$$d_1 d_2 - F_2' F_2'' = d_1 \left(d_2 - \frac{F_2' F_2''}{d_1}\right)$$

$$d_1 d_2 d_3 - d_3 F_2' F_2'' - d_1 F_3' F_3'' = (d_1 d_2 - F_2' F_2'')\left(d_3 - \frac{d_1 F_3' F_3''}{d_1 d_2 - E_2' F_2''}\right).$$

Also schreiten die Nenner der hinzukommenden Glieder fort nach dem Gesetz

$$a$$

$$ab - a'$$

$$abc - ca - ab':$$

dies ist, wie vorauszusehen war, ein Analogon des von Gauss benutzten Euler'schen Algorithmus.

(Schluss des I. Th.)

Optische Notizen.

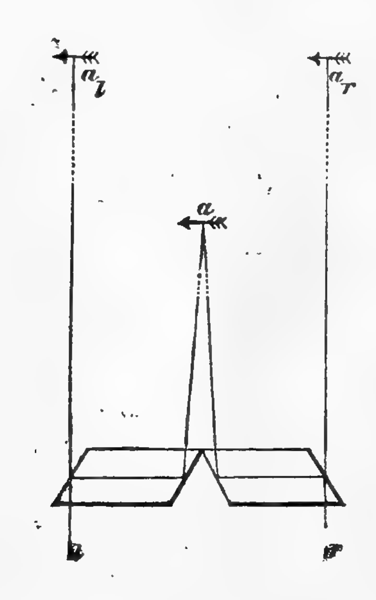
Von

J. Hirschberg.

(Nach einem am 14. Juli 1876 in der Berliner physiologischen Gesellschaft gehaltenen Vortrage.)

I. Binoculare Verschmelzung von zwei identischen Netzhautbildern.

Dem Bildhauer erwächst öfters (so jetzt beim v. Graefe-Denkmal) die Aufgabe, nach einem Portrait eine naturgetreue Büste zu bilden; aber nicht immer ist es leicht, die Schattirungen einer ebenen Zeichnung plastisch zu deuten. Nimmt man zwei zwiefach spiegelnde Glasparallelepipeda (S. die Fig.), wie sie an dem binocularen Augenspiegel von Giraud-Teulon



angebracht sind, und betrachtet hierdurch binocular eine grössere Photographie, so erscheint diese zunächst in gleichnamigen Doppelbildern. Es gelingt aber sogleich durch passende (parallele) Richtung der Sehlinien die beiden binocularen Doppelbilder zu einem überraschend plastischen Ganzbilde zu vereinigen, namentlich wenn man aus der Entfernung von einigen Fussen die Betrachtung des Portraits beginnt und allmählich heranrückt. Ist die Verschmelzung erfolgt, so wird die Accommodation für ein näheres Object mit der Convergenz für ein ferneres verbunden, wodurch eine merkbare Vergrösserung des Ganzbildes gegenüber den noch nicht verschmolzenen Halbbildern entsteht. Dass nur eine Scheinvergrösserung vorliegt, ist nach den Gesetzen der Katoptrik anzunehmen und wird sofort deutlich, wenn man von seinen Fingern den einen durch den Apparat hindurch und central, den anderen neben dem Apparat vorbei und leicht excentrisch betrachtet: die Grösse der Netzhautbilder beider Finger erscheint hierbei gleich. Sowie wir aber (mit convergirenden Gesichtslinien) zur Fixation des anfangs excentrisch betrachteten Fingers übergehen, drängt sich uns der Eindruck auf, dass der letztere dem Auge bedeutend näher steht als der zuerst fixirte. Dass eine Scheinvergrösserung vorliegt, erkennt man noch klarer, wenn man ein Blatt mit gleichförmigen grossen Druckproben erst binocular und einfach durch den Apparat hindurch anschaut, dann neben dem Apparat vorbei betrachtet; das Netzhautbild der Buchstaben ist in beiden Fällen gleich gross.

Schiebt man, während das betrachtete Portrait in zwei Halbbildern erscheint, statt die Gesichtslinien parallel zu stellen, vor jedes Auge ein schwaches Prisma, die brechende Kante medianwärts gerichtet; so geschieht die Verschmelzung der Doppelbilder bei einem Convergenzgrade, welcher der accommodativen Einstellung der Augen d. h. dem räumlichen Abstande des Gesichtsobjectes entspricht. Dann ist auch die scheinbare Grösse des Ganzbildes von der der Halbbilder nicht verschieden. In dieser Hinsicht ist der kleine Apparat von physiologischem Interesse, weil er in bequemer Weise die experimentelle Erläuterung des Satzes giebt, dass bei gegebener

Grösse des Netzhautbildes eines binocular betrachteten Objectes die scheinbare Grösse und also auch die scheinbare Entfernung von dem Convergenzwinkel abhängt. Diese Abhängigkeit ist aber keine mathematisch strenge. Das bei parallelen Sehachsen gewonnene Ganzbild erscheint mir nicht unendlich gross im Verhältniss zu dem Halbbild, sondern etwa zwei Mal so gross; dem entsprechend wird es auch in eine Entfernung projicirt, welche etwa zwei Mal so gross ist als die wirkliche Entfernung des Portraits.

Betrachtet man ein körperliches Object (z. B. einen Ofen) durch den Apparat, so erscheint dasselbe bekanntermaassen platter als bei freier Betrachtung wegen Verkleinerung der stereoskopischen Grundlinie; somit stellt der Apparat die Umkehrung des Helmholtz'schen Telestereoskopes dar, welches durch Vergrösserung der Basallinie das Relief ferner körperlicher Objecte vergrössert.

Kehren wir nunmehr zu unserem Ausgangspunkt zurück, so erscheint es schwierig, anzugeben, worauf der plastische Eindruck beruht, der sich bei Verschmelzung der binocularen Doppelbilder eines ebenen Portraits einem jeden Beobachter unwillkürlich aufdrängt. Soviel ist sicher, dass hierbei kein stereoskopisches Sehen stattfindet. Sollen zwei ebene Zeichnungen zu einem stereoskopischen Eindruck verschmolzen werden, der identisch ist mit dem bei binocularer Betrachtung des entsprechenden körperlichen Gegenstandes gewonnenen Eindruck, so müssen jene beiden Zeichnungen gewisse Verschiedenheiten darbieten, wie wir sie bei einäugiger Betrachtung des körperlichen Objectes von den beiden verschiedenen Standpunkten unserer beiden Augen aus gewinnen: die Mittelpunkte unserer beiden Augen, mit denen wir die körperliche Welt anschauen, sind eben um ungefähr 60 Mm. von einander entfernt. Aber absolut identisch sind, nach den Elementen der Katoptrik, die beiden Bilder, welche durch unseren Apparat zunächst auf verschiedenen Stellen der Projectionsebene entworfen werden. Aber die Lehre von der konischen oder perspectivischen Projection giebt uns vielleicht eine Hypothese zur Erklärung der Thatsache an die Hand. Wenn man von einem festen Punkt

im Raume nach allen Punkten der Oberfläche eines Körpers gerade Linien zieht und dieses konische Strahlenbündel durch eine Ebene schneidet, (welche in der Regel gegen den Axenstrahl senkrecht gestellt ist,) so entspricht jedem Punkt der Oberfläche des Körpers ein Punkt in der Projectionsebene; durch Verbindung aller Punkte der Projection gewinnen wir ein ebenes Bild, welches dem Körper vollkommen ähnlich ist. Damit es uns aber vollkommen ähnlich erscheine, müssen wir unser Auge an den Punkt stellen, welcher der Spitze des Projectionskegels entspricht. Die Maler pflegen ihre ebenen Gemälde nicht nach diesem strengen Gesetz der Perspective einzurichten, weil die Gemälde von mehreren Standpunkten aus gleichzeitig ähnlich erscheinen sollen.

Betrachten wir binocular ein ebenes Gemälde, so muss es im Allgemeinen jedem unserer beiden Augen fehlerhaft erscheinen, im Vergleich zu dem Original; und der Fehler ist proportional unserer stereoskopischen Grundlinie: d. h. dasjenige körperliche Object, welches wir uns bei der binocularen Betrachtung des ebenen Portraits nothwendig vorstellen, muss von dem wirklichen körperlichen Original des Portraits verschieden sein. Durch unser Instrument wird die Basallinie bedeutend verkürzt, etwa im Verhältniss von 4 : 1; der Fehler verringert; das vorgestellte Object dem wirklichen ähnlicher. Die Täuschung wird vermehrt durch Abschluss des Seitenlichtes und durch die Scheinvergrösserung. Etwas Aehnliches findet statt, wenn wir zwei identische Photographien mit Hülfe eines gewöhnlichen Stereoskopes zu einem Ganzbilde vereinigen.

II. Naturgetreue Abbildung von Mikrotom-Präparaten.

Durch Vervollkommnung der medicinischen Diagnostik sind die Ansprüche an die Anatomie erheblich gesteigert, aber in ausgiebiger Weise befriedigt durch Anwendung des Mikrotoms. Eine gewisse Schwierigkeit erwächst bei der naturgetreuen Abbildung grosser topographischer Schnittpräparate. Allerdings bietet die Photographie ein unübertreffliches Hülfsmittel dar; aber nicht jeder Mediciner ist in der Lage, die photographische Technik zu diesem Behuf zu erlernen und

auszuüben oder mit einem willigen und geübten Photographen zusammenzuarbeiten. Die Meisten bleiben auf das Abzeichnen der Präparate angewiesen. Hierbei sind zwei Fehlerquellen unvermeidlich:

Erstlich die Phantasie, welche namentlich an der Grenze des Sichtbaren geschäftig die vorhandenen Lücken der Naturobjecte ausfüllt; zweitens der Mangel an künstlerischer Ausbildung, welcher wenigstens die Mehrzahl der Aerzte behindert, selbst richtig angeschaute Formen vollkommen naturgetreu darzustellen. Die gewöhnlich benutzten Vorrichtungen, welche das Abbilden zu einer mehr mechanischen, von gröberen Fehlern freien Arbeit machen sollen und auf der Anwendung des Prisma beruhen, sind darum ziemlich unvollkommen, weil sie das virtuelle Bild benutzen, welches die kleinen unvermeidlichen Bewegungen unseres Kopfes mitmacht, so dass bald die Contourlinien des Präparatbildes und unserer Bleistiftskizze sich nicht mehr decken.

Unzweifelhaft ist es bequemer, über eine gute Lupe mit durchfallender Beleuchtung eine hölzerne Camera zu stülpen, welche vorn einen Ausschnitt als Lichtfenster und als Deckel eine im Rahmen gefasste Glasplatte besitzt, die durch eine Schraubenvorrichtung dem Objectiv genähert oder entfernt werden kann. Auf die Glasplatte wird feines Durchzeichenpapier aufgeklebt; das objective umgekehrte Bild des Präparates malt sich in überraschender Schärfe auf der Ebene des Papiers und kann auf das bequemste mit dem Bleistift umzogen werden. Das achromatische Objectiv meiner Zeiss'schen Lupe, welche im virtuellen Bild eine fünfzehnfache Vergrösserung giebt, gestattet bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung dem umgekehrten Bild der Camera eine sechs- bis zwanzigfache Vergrösserung, die natürlich bei Anwendung directen Sonnenlichtes noch gesteigert werden kann. Das Princip des Apparates ist seit Porta (1583) bekannt, von Einzelnen angewendet, aber nicht nach Verdienst verbreitet.

Will man den Kasten über ein gewöhnliches Mikroskop stülpen, so thut man gut, das Ocular zu entfernen und nur schwache Objective anzuwenden. Sehr einfach ist die Mikro-

metrie. Man misst einen Hauptdurchmesser des Präparates, indem man dasselbe direct auf einen ausgespannten Bogen Millimeterpapier legt; man misst denselben Durchmesser in der Zeichnung und hat so die Vergrösserungszahl. Man überträgt die Zeichnung mechanisch auf das ausgespannte Millimeterpapier und hat sofort die Abmessungen aller einzelnen Theile des Präparates.

Der Fabrikant,[1]) welcher den Kasten nach meinem Modell anfertigt, wird übrigens auch auf Verlangen einen einfachen und billigen Apparat zum Photographiren beilegen.

III. Das schematische Auge.

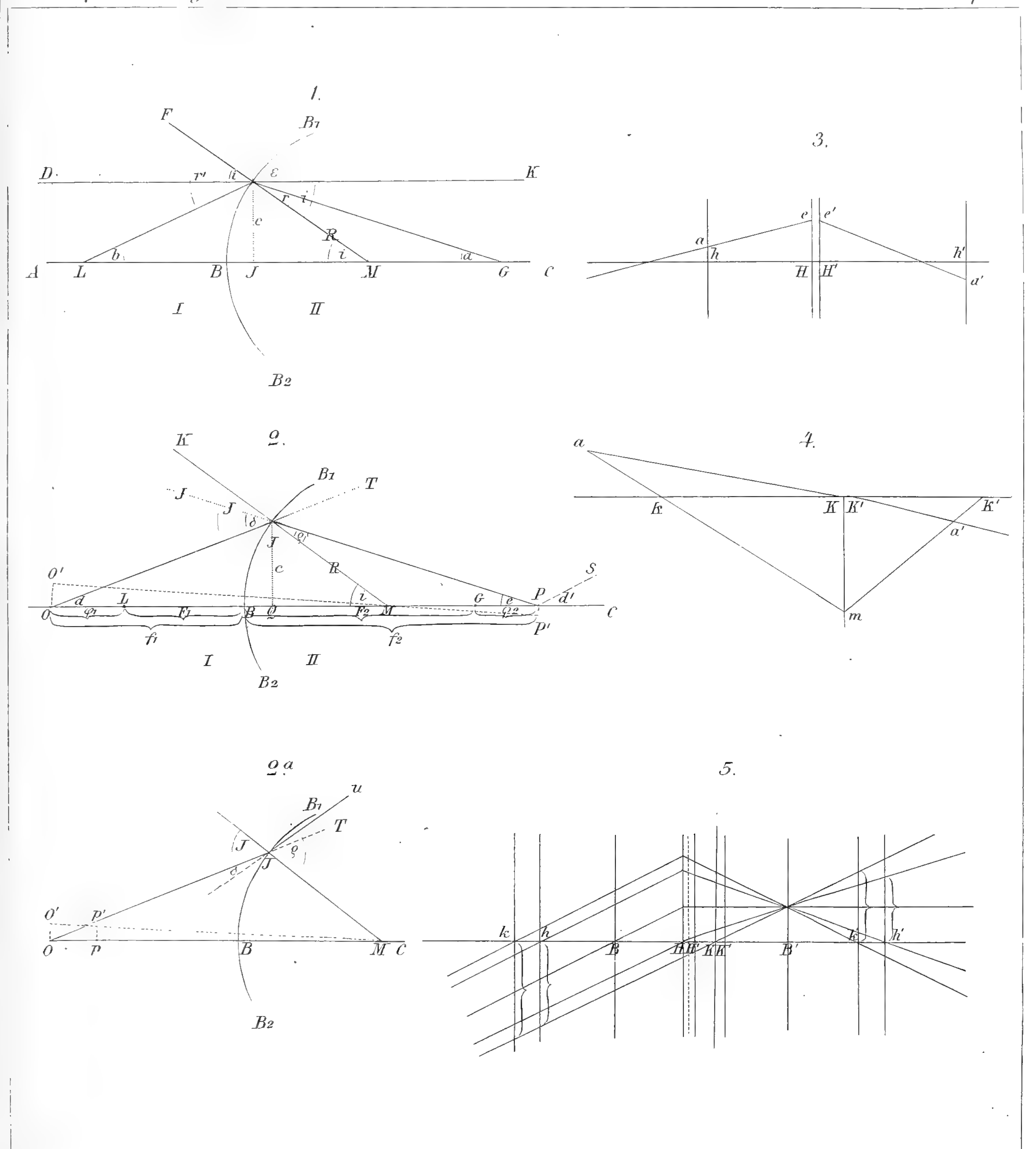
Porta, der Erfinder der Camera obscura, hat bereits das menschliche Auge mit seinem Instrument verglichen: mit demselben Vergleich beginnen seitdem fast alle anatomischen und physiologischen Betrachtungen des Auges; aber die allzustrenge Durchführung dieses Vergleiches hat die genauere Erkenntniss der Dioptrik des Auges gehindert, bis durch die bahnbrechenden dioptrischen Untersuchungen von Gauss der Unterschied klar wurde. Gauss lehrte zuerst die allgemeinen Gesetze der Brechung paraxialer Strahlen an beliebig vielen Kugelflächen und zeigte, dass in einem beliebigen centrirten System von Kugelflächen die vordere Brennweite sich zu der hinteren verhält wie der Brechungsexponent des ersten Mediums zu dem des letzten. Bei einer Camera obscura wie bei allen unseren optischen Instrumenten, welche Glaslinsen in Luft eingetaucht darstellen, ist die erste Brennweite somit gleich der zweiten; beim menschlichen Auge aber verhält sich die erste Brennweite zur zweiten wie 3 : 4 d. h. wie der Brechungsindex der Luft, des ersten Mittels, zu dem des Glaskörpers, des letzten Mittels. Obwohl dieser wichtige Satz durch eine elementare und sogar ziemlich einfache Rechnung nachgewiesen werden kann, ist es doch, bei der im Allgemeinen ablehnenden Haltung der Mediciner gegen alles Mathematische, vielleicht von einigem Interesse, denselben durch einen einfachen Apparat experimentell zu erläutern. Auf

1) Hr. Romain Talbot in Berlin.

einem Stativ befindet sich eine horizontale cylindrische Messingröhre, deren vorderes Ende durch ein convex-planes Sammelglas von 3'' (also etwa 80 Mm.) Brennweite geschlossen ist, während das hintere Ende durch eine plan-plane Glasplatte *a* geschlossen ist, welche auf der Mitte ihrer Hinterfläche einen kleinen mattgeschliffenen Kreis enthält. Der Messingtubus besteht aus zwei in einander verschiebbaren Röhren, so dass die Entfernung der Glasplatte von dem Objectiv vergrössert und verkleinert und stets an einer seitlichen in Millimeter getheilten Stange genau abgelesen werden kann. Der Apparat muss einigermaassen wasserdicht sein.

Leer d. h. nur mit Luft gefüllt wird der Apparat mit dem Objectiv gegen eine etwa 20 Fuss entfernte Lichtflamme gerichtet. Ein scharfes umgekehrtes Bild der Lichtflamme erscheint auf der mattgeschliffenen Stelle der planen Glasplatte, wenn die Stelle um die hintere Brennweite d. h. um 3 Zoll oder 80 Mm. vom Objectiv entfernt ist. Genau eben so gross ist auch die vordere Brennweite, wie man sofort sieht, wenn man den Apparat umdreht und mit der Planglasplatte gegen das Licht kehrt. Um in dieser Stellung das Bild der Flamme auffangen zu können ist an dem Tubus eine vom Objectiv ausgehende, freie, in Millimeter getheilte Stange befestigt, auf welche eine mattgeschliffene Planglasplatte *b* gebracht und mittelst eines Schiebers hin und her bewegt werden kann. Diese Platte muss 80 Mm. vom Objectiv entfernt sein, wenn sie bei der zweiten Stellung des Apparates ein scharfes Bild der 20 Fuss entfernten Lichtflamme auffangen soll.

Nunmehr wird die matte Glasplatte *b* wieder entfernt, der Apparat in seine ursprüngliche Lage zurückgedreht, so dass das Objectiv gegen die 20 Fuss entfernte Lichtflamme schaut, und Wasser in die Höhle des Tubus gegossen. Das vorher scharfe Bild auf dem matten Kreise der plan-planen Glasplatte *a* ist verwaschen. Verlängert man jetzt allmählich die Röhre durch Ausschrauben, während Wasser nachfliesst, bis das umgekehrte Flammenbild auf der Glasplatte wieder scharf geworden ist; so findet man, dass jetzt der Tubus eine Länge von circa 100 Mm. besitzt. Durch diesen Werth wird jetzt die



Hirschberg del. W. Grohmann sc.



hintere Brennweite des combinirten Glas-Wasser-Systems ausgedrückt. Ermittelt man aber nunmehr die vordere Brennweite desselben combinirten Systems durch einfaches Umdrehen des Apparates und Aufschieben der matten Glasplatte *b* auf die vordere graduirte Stange, so findet man dieselbe unverändert gleich 80 Mm. Uebrigens ist ja auch ohne jede Rechnung klar, dass ein von der fernen Lichtflamme ausgehendes und fast senkrecht einfallendes paralleles Strahlenbündel durch die plan-plane Glasplatte, welche den Tubus abschliesst und durch die von zwei senkrechten Ebenen begränzte Wasserschicht keine nennenswerthe Ablenkung erfahren kann, sondern fast ebenso auf die Convexlinse gelangt, als wenn nur Luft dazwischen läge. Man hat also für den Fall eines solchen Glas-Wasser-Systems empirisch ermittelt

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{1 \cdot 0}{1 \cdot 3} = \frac{n_1}{n_2}.$$

Macht man die Füllung nicht mit Wasser, sondern mit einer durchsichtigen Flüssigkeit von bekanntem Brechungsverhältniss, so wächst die hintere Hauptbrennweite proportional dem Brechungsindex der Flüssigkeit, während die vordere unverändert bleibt. Somit ist der behauptete Satz experimentell bewiesen.

Dreht man den mit Wasser gefüllten und entsprechend d. h. auf 100 Mm. verlängerten Apparat mit dem Convexglas gegen die ferne Lichtflamme, so stellt derselbe ein künstliches Auge weit getreuer dar, als die seit Huyghens' Zeiten üblichen zahlreichen, meist trockenen Modelle. Durch ein vor das Objectiv gesetztes Sammelglas von 8 Zoll Brennweite stellt man die Accommodation eines emmetropischen Auges für 8 Zoll Annäherung dar. Durch Vergrösserung oder Verkleinerung der Axenlänge kann man verschiedene Grade von Kurz- und Uebersichtigkeit hervorrufen, und durch passende Concav- und Convexgläser, welche dem Objectiv vorgehalten werden, auch neutralisiren.

Zur Theorie des Sehens. Zweite Abhandlung.[1])

Von

Dr. Eugen Dreher.

Bei dem Eindruck, den ich vermittelst des Stereoskopes von der der ersten Abhandlung beigefügten (stereoskopischen) Aufnahme der Matrize (Form) des Basreliefs der Petrusbüste empfing, war es mir auffallend, dass derselbe mit dem seines Gypsoriginales nicht übereinstimmte, in sofern nämlich sich bei ihm eine verhältnissmässig übertriebene Tiefenwahrnehmung geltend machte. Diese vom Originale stattfindende Abweichung glaubte ich von einem zu grossen gegenseitigen Abstande, in welchem die bei der Aufnahme wirksamen Brennlinsen des Photographen gestanden hatten, herleiten zu können. Eine nachträgliche Messung der Linsenentfernung der Camera obscura ergab denn auch, dass dieselbe den denkbar grössten Abstand der Augen des Menschen übertraf.

Um die getreue Wiedergabe der in Frage stehenden Matrize zu erlangen, liess ich bei abermaliger Aufnahme die Linsen bis auf (meine) Augenweite einander nähern, wodurch denn auch ein mit dem Originale vollkommen übereinstimmender Effect wachgerufen wurde.

Es warf sich mir die Frage auf: Welche Abweichungen von dem Originale:

I. Durch sehr bedeutende gegenseitige Entfernung der Linsen,

II. Durch eine sehr grosse gegenseitige Annäherung derselben zu erreichen sind.

---

1) S. den vorigen Jahrgang dieses Archivs, S. 417.

Bei einer neuen Aufnahme der Matrize war der Abstand der Linsen von einander circa 1 Meter; der parallaktische Winkel, (die Parallaxe) unter dem sich die auf das Original gerichteten Axen der Linsen schnitten, circa 40°.

Bei einem zweiten Versuch wurden die Linsen bis auf circa 1 Centimeter einander genähert, wodurch denn, (bei Beibehaltung der Entfernung vom Modelle) der parallaktische Winkel selbstverständlich sehr klein wurde.

Unter das Stereoskop gebracht, gestaltete sich die durch den ersten Versuch gewonnene Aufnahme zu einer deutlich vertieften Büste, die jedoch immer mehr und mehr noch einsank und erst dann am Endpunkte ihrer Gestaltung anlangte, als die Tiefendimension schon verhältnissmässig bei weitem Längen- und Breitenrichtung überwog, so dass eine vollkommene Verzerrung der Form in die Tiefe hinein eintrat.

Die durch den zweiten Versuch gewonnene Aufnahme gestaltete sich beim Betrachten durch das Stereoskop ebenfalls zu einer deutlich vertieften Büste, die jedoch, gegen das Original gehalten, in Anbetracht der Tiefendimension eine Verkürzung erfahren hatte, wodurch denn ebenfalls eine Entstellung, diesmal jedoch ein Eingedrücktsein der Form in Erscheinung trat.

Erwähnt sei, dass wenn man die Photographien zerschneidet und alsdann die Bilder vertauscht in das Stereoskop legt, sich keine Vertiefungen, wohl aber die den Vertiefungen entsprechenden Reliefs gestalten. — (Vergl. die erste Abhandlung.)

Anfangs war ich geneigt zu glauben, dass der Eindruck, den Matrizen (Formen) auf den Beschauer machen, je nach seinem gegenseitigen Augenabstand ein verschiedener sein müsse; und zwar bei weiter Augendistanz, (wo zwei stark von einander abweichende Bilder zur Deckung gebracht werden), hinsichtlich der Tiefendimension verhältnissmässig ein erweiterter, bei naher Augendistanz, (wo zwei nur schwach divergirende Bilder zur Verschmelzung gelangen), hingegen ein verkürzter; dass also beispielsweise ein Elephant, der das gedachte Gypsoriginal in einer seiner photographischen Aufnahme gleichen

Entfernung betrachtete, von ihm hinsichtlich der Tiefenwahrnehmung einen erweiterten, ein Kolibri dagegen einen verkürzten Eindruck empfangen müsste.

Um dem Grunde der Erscheinungen näher zu kommen, liess ich von einem plastischen Werke, und zwar der Hebe von Canova bei einer sehr grossen Standlinie, unter einem grossen parallaktischen Winkel eine stereoskopische Aufnahme anfertigen.

Durch dieses Verfahren wurde selbstverständlich eine sehr bedeutende Divergenz der beiden Bilder herbeigeführt.

Trotz langer Betrachtung unter dem Stereoskope konnte ich nur eine partielle Verschmelzung der beiden Bilder zu Stande bringen und zwar diese bei dem rechten Arme der Figur, welcher hierdurch in einer kaum zu erwartenden Weise in die Länge gezerrt wurde; sonst machte sich der Wettstreit der Sehfelder geltend, wodurch denn bald das eine, bald das andere Bild vorwiegend zur Perception gelangte. —

Da nur von verhältnissmässig nahen Gegenständen wesentlich verschiedene Bilder in unsere beiden Augen gelangen können, so glaubte Helmholtz für ferne Gegenstände dieser Unvollkommenheit dadurch abzuhelfen, dass er die Distanz der beiden Augen gleichsam künstlich erweiterte.

Zu diesem Zwecke construirte er das sogenannte „Telestereoskop“, bei dessen Anwendung durch zwei weit von einander aufgestellte Spiegel Lichtstrahlen von einem fern gelegenen Gegenstande auf zwei rechtwinklich zu einander stehende Spiegel geworfen werden, hinten denen sich dann die Augen des Beobachters befinden, dessen Aufgabe es ist, die so in die Augen gelangenden, wesentlich von einander abweichenden Bilder auf correspondirende Theile der Netzhäute zu bringen und sie alsdann körperlich zu verschmelzen.

Die von Helmholtz erstrebte künstliche Erweiterung der Augendistanz glaubte man gleichfalls dadurch zu erreichen, dass man bei einer grossen Standlinie, so unter einem grossen parallaktischen Winkel, photographische Aufnahmen von fern gelegenen Objecten machte.

So benutzte Wheatstone die Libration des Mondes, durch welche dies Gestirn uns das eine Mal mehr von seiner rechten, das andere Mal mehr von seiner linken Halbkugel zuwendet, um bei der weiten Entfernung des Mondes zwei möglichst verschiedene Bilder von ihm zu erhalten, welche er alsdann durch das Stereoskop zur Deckung brachte.

Der Mond gestaltete sich hierdurch zu einem deutlich eiförmigen Körper, dessen grosse Axe dem Beschauer (der Erde) zugekehrt war. Auf eine solche Gestalt des Mondes hatte man schon früher aus rein theoretischen Gründen geschlossen und zwar aus der grösseren Anziehungskraft, die die Erde auf die ihr stets zugekehrte Hälfte des einst feurigflüssigen Mondes ausüben musste, als auf die ihr stets abgewandte Halbkugel.

So glaubte man denn durch das Stereoskop den experimentellen Beleg für die theoretisch vorausgesagte Gestalt des Mondes geben zu können.

Was jedoch den stereoskopischen Beweis für die Gestalt des Mondes anbelangt, so muss ich denselben für unzulässig erklären, da die durch das Stereoskop vermittelte Wahrnehmung, so wie alle durch das Helmholtz'sche „Telestereoskop" wachgerufenen Erscheinungen nur Zerrbilder ihrer Originale sind, vollkommen denen analog, die im Anfange dieser Abhandlung besprochen wurden.

Dass der Reiz an den aufgenommenen Objecten bisweilen durch einen nicht zu stark übertriebenen Abstand der Spiegel oder Linsen gesteigert werden kann, thut der gemachten Behauptung keinen Abbruch, da wir vom wissenschaftlichen Standpunkte aus von den so uns vermittelten Anschauungen Naturtreue beanspruchen, welche sie jedoch, wie gezeigt, keineswegs gewähren.

So habe ich bei einer Menge vorräthig gekaufter stereoskopischer Aufnahmen von mir durch eigene Anschauung bekannten Gegenständen, wie von Sculpturen, Bauwerken, Gebirgslandschaften u. s. w. eine übertriebene Perspective bei stereoskopischer Betrachtung wahrgenommen, welche unzweifelhaft durch einen zu grossen gegenseitigen Linsenabstand der Camera obscura veranlasst wurden.

Lange konnte ich keine Erklärung für diese bei zu gross oder zu klein gewählter Augendistanz unverkennbar auftretenden Entstellungen finden.

Die sich zuerst darbietende Annahme, dass bei verschiedenem gegenseitigem Augenabstande auch die Dinge verschieden gesehen werden, ergab sich nach einiger Ueberlegung als irrig. Denn denken wir uns ein Wesen mit einem grossen Augenabstande und ein anderes mit einem geringen in einer gleichen (senkrechten) Entfernung ein und denselben Gegenstand betrachtend, so sind in beiden Fällen durch die Netzhautbilder zwei Richtungen für einen jeden Punkt des Objectes gegeben, wodurch dann die geometrische Gestalt des Gegenstandes vollkommen bestimmt ist, woraus wir alsdann schliessen müssen, dass die von den beiden Wesen erlangten (geometrischen) Anschauungen des Objectes auch dieselben sind, — mit dem alleinigen Unterschiede, dass bei einem nicht durchsichtigen Körper bei grösserem (gegenseitigem) Augenabstande die Anschauung seiner Körperlichkeit umfassender ist als bei näherer Augendistanz, in welchem letzteren Falle die Augen nicht so weit um den Körper herumzugreifen vermögen.

So werden wir durch natürliches Wachsthum der Augendistanz bei den nicht durchsichtigen Körpern wohl zu einer umfassenderen körperlichen Wahrnehmung gelangen, niemals aber zu einer Verzerrung.

Wenn wir jetzt die in der vorigen Abhandlung gegebene Theorie, der unbewussten psychischen Constructionen, die in alle Sehprocesse eingreifen, in Betracht ziehen, so ergeben sich die angeführten Entstellungen, gleichviel ob sie durch Spiegel oder Linsen herbeigeführt werden, sehr einfach als nothwendige Folgerungen aus derselben.

Zwei für unsere Augendistanz widernatürliche Bilder ein und desselben Gegenstandes werden auf correspondirende Theile der Netzhäute geworfen und durch Nervenreize der Psyche zur Auslegung übermittelt. Was thut sie? Der Erfahrung Rechnung tragend, dass diese Bilder von einem wirklichen, in der Aussenwelt vorhandenen Gegenstand herrühren

müssen, construirt sie sich aus den ihr zur Deckung zugeführten Bildern einen Körper zurecht, der, wenn er wirklich in der Aussenwelt vorhanden wäre, auf die entsprechenden Netzhäute Bilder werfen würde, die den durch die Spiegel oder Linsen vermittelten gleich sein würden. — (Vergl. die erste Abhandlung.)

Dass ein solcher Körper, gegen sein Original gehalten, eine Verzerrung sein muss, ist selbstverständlich. Die Art und Weise der auftretenden Entstellung ist leicht durch mathematische Gesetze darzulegen.

Tragen wir jetzt den entwickelten Gesetzen bei Anwendung des Stereoskopes Rechnung, so ergiebt sich, dass ein Kind (kleiner Augenabstand) die für einen Erwachsenen (grosser Augenabstand) bestimmten stereoskopischen Bilder in der Tiefendimension auseinandergezerrt sehen muss, während umgekehrt ein Erwachsener die für ein Kind bestimmten Aufnahmen in der Tiefendimension eingedrückt erblicken würde.

So sieht denn ein jedes Wesen die Gegenstände nur für seine eigene Augendistanz naturgetreu. Die von Wheatstone und Helmholtz erstrebte künstliche Erweiterung der Augendistanz erweist sich somit als eine Unmöglichkeit.

Anm. Da sich durch die der vorigen Abhandlung beigefügten Lithographien herausgestellt hat, dass Lithographie, selbst bei der vollendetsten Ausführung, zur Anstellung genannter Versuche keine hinreichende Schärfe gewährt, so sind dieser Abhandlung keine Tafeln beigegeben.

Eine Hypothese psycho-physiologischer Natur über das Verhältniss des Unbewussten zum Bewussten in der Psyche habe ich in meinem soeben erschienenen Werke „Der Darwinismus und seine Stellung in der Philosophie“. (Berlin 1877. Verlag von Hermann Peters) auf Grund psychologischer wie anatomischer Erscheinungen zu geben versucht.

Beiträge zur zoologischen und zootomischen Kenntniss der sogenannten anthropomorphen Affen.

Von

Robert Hartmann.

(Hierzu Taf. XIV. u. XV.)

Fortsetzung.

Das von mir im zuletzt veröffentlichten Abschnitte dieser meiner Arbeit [1]) erwähnte „Sesambein" des Affencarpus wurde an drei Chimpanse- und drei Orang-Cadavern beiderlei Geschlechtes und verschiedenen Alters sowie an zahlreichen Skeleten untersucht.[2]) Dasselbe articulirt bei den genannten Thieren mit den Ossa naviculare und multangulum majus und es liegt an derjenigen Stelle, an welcher die Faserbündel der Ligamenta carpi dorsale und carpi volare in einander übergehen. Von dieser Stelle aus zieht ein Bandstreif an das Knöchelchen, dessen Faserrichtung nicht auf seine alleinige Zugehörigkeit etwa zum Ligamentum carpi dorsale schliessen lässt. Denn diese selbigen Faserbündel, welche schräg vom Processus styloideus ulnae über die Handwurzel führen, geben, um den Radius sich herumziehend, zugleich Fortsetzungen an das Ligam. carpi volare ab. (Taf. XV Fig. 5, 6[α] beim Chimpanse). Beim

1) Dies Archiv 1875, S. 743.

2) Vergl. hier Taf. 1, 2, 3, 4. Vrolik bemerkt: „Le tendon de l'abducteur (A. magnus pollicis) s'attache en passant à un cartilage isolé et lenticulaire, placé entre l'os scaphoide et le trapèze, et que j'ai cité en parlant du carpe" (V, p. 15). A. a. O. S. 20. Vrolik's Abbildungen der Handmusculatur des Chimpanse sind in Bezug auf diese Verhältnisse leider sehr undeutlich.

Orang konnten auch dergleichen Bandstreifen präparirt werden, in ihnen mischten sich Faserbündel der Streck- und Beugeseite der Fascia antibrachii dergestalt (das. Fig. 7$^{\alpha}$), dass schon daraus ihre Gemeinsamkeit für die Ligam. carpi dorsalia und volaria ersichtlich wurde. Dann beim Chimpanse sah ich, wie die Sehne des Abductor pollicis longus einen Streifen zu dem Sesambeinchen sandte. Dagegen setzten sich die übrigen Streifen der sich hier zwei-, aber auch wohl drei- und noch mehrmal spaltenden Sehne des erwähnten Muskels an die Basis Ossis metacarpi I und an das Os multangulum majus an. Ueber das Verhalten dieses Muskels äussert sich Bischoff wie folgt: „Der Abductor pollicis longus verhält sich beim Orang, Cynocephalus, Pithecia und Gorilla wie beim Menschen. Beim Gorilla, Chimpanse, Hylobates, Cercopithecus und Macacus lässt sich dagegen die Sehne in zwei Theile theilen. Dabei gehört nicht etwa die eine Sehne wie beim Menschen einem Extensor pollicis brevis an, sondern dieser fehlt (wie angegeben) wirklich ganz und die Theilung der Sehne erscheint nur als eine weiter fortgesetzte Spaltung des Ansatzes an das Os multangulum majus und an den Mittelhandknochen des Daumens u. s. w.[1])

Ich vermag dies nicht ganz zu bestätigen. Der Extensor pollicis brevis fehlt den Thieren nicht, aber der Abductor longus verhält sich, so wie Bischoff es angegeben hat, nur dass seiner Beziehung zum Sesambeinchen dabei nicht erwähnt worden ist.[2]) Viel wichtiger erscheinen mir übrigens die Beziehungen des Abductor pollicis brevis zu dem Sesamknochen, als sich diejenigen des langen Abductor zu dem-

---

1) Beiträge zur Anatomie des Hylobates leuciscus u. s. w. Aus den Abhandlungen der k. bayer. Akadem. der W. II Kl. X. Bd. III. Abtheilung, München 1870, S. 17.

2) Alix und Gratiolet sagen in Bezug auf diesen Muskel: „Le tendon qui s'attache au trapèze ne présentait pas d'os sesamoïde. Il est probable que cela tient au jeune âge du sujet; car ce sésamoïde (trapèze hors de rang) existe sur le Chimpansé adulte.“ (Troglodytes Aubryi u. s. w. p. 103, vergl. auch daselbst p. 82). Ich freilich bemerke das Sesambein schon an ganz jungen (noch nicht einjährigen) Chimpanses, wenngleich auch erst noch im knorpligen Zustande.

selben Gebilde herausgestellt haben. Ersterer entspringt nämlich beim Chimpanse mit einem radialen Bündel an dem Sesambeine selbst. Ein anderes mittleres Bündel entspringt an dem zum genannten Knochen tretenden Bandstreifen. Der übrige mittlere Theil des Muskels nimmt am Ligamentum carpi volare seinen Ursprung. (Fig. 5_8, 6^8)[1]).

Beim Orang-Utan entspringt an dem Sesambeinchen ebenfalls ein radialer Fascikel des Abductor pollicis brevis, während die mittleren Bündel desselben wieder am Ligamentum carpi volare entspringen. Die manchmal vielspaltige Sehne des Abductor pollicis longus — die Spaltung erstreckt sich noch oft bis tief in die Muskelsubstanz hinein — giebt auch hier einen Streifen an jenen Knochen ab. Mittlere Sehnenstreifen desselben Muskels sah ich zum Ligament. carpi volare und starke dorsale zur Basis oss. metacarpi I ziehen. (Fig. 7^4, 8^4). Bei einem Orang-Präparate sendete der Musc. flexor pollicis longus einen sehr dünnen Sehnenfaden an den Knochen ab (Fig. 8**). Für den Gorilla fehlen mir zur Zeit, wo ich dies schreibe, noch die eigenen Erfahrungen.

Am Hylobates (leuciscus, albimanus), an sonstigen Affen und an Halbaffen arbeite ich z. Z. noch und werde ich die Resulate der betreffenden Untersuchung bei Gelegenheit meiner Studien über die Myologie der ganzen Gruppe veröffentlichen, mich dort auch über die Beziehungen des Sesambeinchens zu seiner Umgebung noch näher auslassen.[2]) Sonderbarerweise

---

1) Bischoff bemerkt: „Von den kurzen Muskeln des Daumens zeigen der Abductor pollicis brevis und opponens in ihrer Anordnung bei allen Affen keine bemerkenswerthe Abweichung.“ A. o. a. O. S. 19. Auch bei den englischen Autoren Humphrey, Wilder, Macalister, Champneys u. s. w. finde ich keine genügende Aufklärung über das Verhalten der Abductoren des Daumens zum Sesambein.

2) Flower bemerkt über dies von ihm am Carpus von Cynocephalus Anubis Fig. 87 abgebildete Knöchelchen: „and there is usually a small rounded radial sesamoid articulating moveably to the border of the scaphoid and trapezium and connected with the tendon of the flexor carpi radialis (An introduction to the Osteology of the Mammalia. London 1870, p. 258). Lucae's Angabe, der Knochen sei nichts Anderes als die von dem Os multangul. majus getrennte

erfahren wir in einer sonst so fleissigen Arbeit Duvernoy's nichts über die Existenz dieses Knochens beim Gorilla. Zwar scheint mir ein radialerseits erkennbarer Vorsprung an Duvernoy's Figur C der Vorderarmmuskeln des Gorilla (Pl. VII) zwischen den Buchstaben 21 und 22, 23 darauf hindeuten zu sollen, dass der Knochen zwar beobachtet, wenn auch nicht weiter beachtet worden sei. Im Texte geschieht des Gebildes keine Erwähnung. An den das Handskelet des Gorilla und Troglodytes Tchégo Duvern. behandelnden Abbildungen (a. a. O. Pl. III) sieht man es gleichfalls nicht. Es ist hier sicherlich durch Unachtsamkeit des pariser Präparators verloren gegangen.[1] Ueber die Existenz desselben beim Gorilla kann aber nicht der geringste Zweifel obwalten, denn jedes verständig präparirte Skelet muss dasselbe zeigen. (Vergl. Taf. XV. Fig. 1, 2*)

Ich bin so häufig nach der beständigen Zahl der Handwurzelknochen des Chimpanse befragt worden, dass ich hier einige Worte darüber zu sagen mich veranlasst fühle. Beim Orang-Utan zeigt sich nämlich regelmässig ein neunter Handwurzelknochen, das seit Blainville sogenannte Os intermedium. Vrolik bemerkt über dasselbe: „Dans le premier rang (c. à. d. des os du carpe de l'Orang) se trouve en commen-

---

Eminentia carpi radialis inferior des Menschen, finde ich ungenügend. (Die Hand und der Fuss. Aus den Abhandlungen der Senckenberg. naturforschenden Gesellschaft, V. Band, Frankfurt a. M. 1866, S. 33). Ich stehe vorläufig nicht an, diesem Knochen die Bedeutung eines Sesambeinchens an der Ansatz- und Ursprungsstelle von Fascien und Muskeln bei Thieren zuzusprechen, welche gerade diese Partie ihrer Hand so häufig beim Klettern und Gehen gebrauchen. Champneys beschreibt am Extensor ossis metacarpi pollicis des Cynocephalus Anubis: „a double insertion into the Trapezoid bone and the base of the metacarpal bone of the thumb, its tendon oontaining a sesamoid cartilage (replaced in man by a bursa mucosa) in relation with the quadrupedal habits of the animal (Journal of anatomy and physiology vol. VI. (sec. series vol. V.) p. 184.

1) Archives du Muséum d'histoire naturelle, T. VIII. Auch Rosenberg vermisst dies Knöchelchen beim Gorilla. Er sagt: „Beim Gorilla scheint es zu fehlen, da auch Duvernoy, der den Muskel (d. h. Abd. poll. long.) beschreibt, es nicht angiebt. Gegenbaur's Morpholog. Jahrbuch, Heft. I, S. 187.

çant par la côté radial l'os naviculaire ou scaphoïde a. qui ressemble à celui de l'homme, mais a une forme plus allongée. Sa partie supèrieure s'élève vers le radius avec une surface articulaire convexe, couverte d'un cartilage, et se prolonge alors en arrière en un tubercule osseux, formant une éminence à la face palmaire du carpe, et s'articulant là avec un os sésamoïde que d'autres observateurs ont déjà reconnu, et qui semble servir pour le tendon du long abducteur du pouce. Vers le côté cubital, le scaphoïde se réunit à l'os semi-lunaire et plus en bas à l'os intermédiaire, et s'articule alors avec le trapèze. L'os sémilunaire b. est relativement bien plus gros que chez l'homme, mais a les mêmes rapports que chez lui. Le triquetrum c. est très-fort, ne s'articule pas avec le cubitus, mais se réunit avec lui par un ligament. L'os pisiforme, qui se réunit à la surface palmaire du carpe au triquetrum, est très développé et se termine en un tubercule arrondi, qui représente assez la forme d'un talon. Je n'ai pas remarqué qu'il fut divisé en deux, comme Owen l'assure. Ainsi le premier rang du carpe est disposé comme celui de l'homme. Le second se compose en commençant par le côté radial du trapèze d. (Os multangulum majus), du trapézoïde (Os multangulum minus), du grand os f. (Os capitatum) et de l'os unciforme g. En tout cela il ressemble au second rang du carpe de l'homme, et il s'articule de la même manière, avec les os du métacarpe; car l'os métacarpien du pouce se réunit au trapèze, celui de l'index au trapézoide; celui du doigt du milieu au grand os; celui du quatrième et cinquième doigt à l'os unciforme. Mais en sus il y a un os surnuméraire, méconnu par tous mes devanciers, que j'ai désigné par la lettre h., et qui se trouve entre les deux rangs, ayant l'air d'être un démembrement de l'os scaphoïde, dont il a un peu la forme. J'ai retrouvé le même os intermédiaire dans les Gibbons et d'àprès les recherches de Blainville, il paraît commun à tous les autres Quadrumanes. Son existence chez l'Orang-oetan et son absence chez le Chimpansé me paraissaient d'une certaine importance etc.“ [1])

---

1) A. a. O. S. 13, Tab. VI, Fig. 2^h.

Owen bildet das Os intermedium des Orangs in derselben Weise wie Vrolik ab.[1])

Lucae bemerkt: In dem Carpus (d. h. des Orang) findet sich nämlich zwischen Multangulum, Capitatum, Naviculare ein eigener Carpusknochen, welcher mit dem Multangulum minus, sowie mit dem Capitatum articulirt und die vordere Gelenkfäche des Os naviculare (für das Capitulum des Os capitat.) ergänzt und vergrössert.[2])

Während das Intermedium an der Streckseite des Orang-Carpus breit, mit leicht gewölbter Fläche sichtbar wird und, wenn man die Knochen etwas von einander biegt, auch seine Articulationsflächen mit dem Multangulum minus und Capitatum zeigt (vergl. hier Taf. XV Fig. 3^{i}), ist von demselben Knochen auf der Beugeseite selbst beim mässigen Auseinanderzerren der übrigen Ossa carpi nur sehr wenig zu sehen. (Taf. XV Fig. 4^{i}).

Gegenbaur hat diesen Knochen mit seinem Os centrale des Carpus identificirt. Er will letzteres als ein aus einem früheren Zustande stammendes, echtes Carpuselement erkennen, vermag aber nicht zu ermitteln, wo es, bei seiner späteren Nichtexistenz, geblieben sei. Für die Annahme, es sei mit dem Capitatum (Cuvier) oder mit dem Scaphoideum (Owen) verbunden, bestehen für Gegenbaur keine Gründe.[3])

Rosenberg hat in einer sehr fleissigen Arbeit Gegenbaur's Ideen weiter ausgeführt und den Nachweis zu führen gesucht, dass das Os centrale carpi (Os intermedium) auch beim Menschen vorkomme, hier aber vorzugsweise nur im

---

1) Todd Cyclopaedia Vol. IV, Pt. I, p. 204, Fig. 124. On the anatomy of vertebrates Vol. II, p. 544, Fig. 361. Diese Copien des Vrolik'schen Originales sind eben nicht gelungen.

2) Die Hand und der Fuss, S. 32, Taf. XXXVII, Fig. 8^{a}, 9^{a}. Diesen Passus verstehe ich nicht. An den von mir untersuchten Orang-Carpus articulirt nämlich das Intermedium mit dem Naviculare, Multangulum majus, minus und Capitatum. Die gegenseitigen Gelenkfacetten sind an diesen Knochen deutlich zu erkennen.

3) Carpus und Tarsus. Leipzig 1864, S. 50.

embryonalen, seltener im entwickelten Zustande. In Rosenberg's Arbeit wird übrigens auch der Arbeiten Gruber's über denselben Gegenstand gedacht und dem Petersburger Forscher hinsichtlich des Nachweises eines Centrale carpi beim (erwachsenen) Menschen die Priorität eingeräumt.[1]) Nach Rosenberg ist dieser Knochen nicht nur dem Centrale der Säugethiere, sondern sogar den beiden Centralia der Enaliosaurier homolog, er ist aber nach Massgabe der eingetretenen Reduction dort incomplet.[2])

In der Handwurzel des noch sehr jungen, (kaum einjährigen) Orang-Utan fand ich das Os intermedium oder centrale mit seinem von demjenigen des Os naviculare gänzlich gesonderten Knochenkerne versehen. Die Ossification zeigte sich hier der Reihenfolge nach am weitesten vorgeschritten: 1) am Os capitatum und Os hamatum. Dann folgten in der Knochenbildung 2) Os naviculare, 3) Os multangulum majus, 4) Os lunatum, 5) Os triquetrum, 6) Os intermedium (centrale), 7) Os multang. minus. 9) Os styliforme[3]) und das hier vielbesprochene Sesambeinchen waren erst in der rein knorpligen Anlage vorhanden. Ein Bild der Verknöcherung der Ossa carpi an einem jungen Gibbon (Hylobates agilis) bietet unsere Taf. VIX, Fig. 12. Beim jungen (etwa einjährigen) Chimpanse war das äusserlich durch zwei tiefe Rinnen dreifach, aber nur oberflächlich segmentirte Os naviculare mit einem einzigen sich durch alle drei Segmente erstreckenden Knochenkerne versehen. (Taf. XIV, Fig. 11$^{\alpha}$). Von einem Intermedium waren bei den mir zu Gebote stehenden Chimpansepräparaten keine Spuren mehr vorhanden. An Embryonen dieser Thiere fehlte es leider bis jetzt. Auch hin-

---

1) Ueber ein dem Os intermedium s. centrale gewisser Säugethiere analoges neuntes Handwurzelknöchelchen beim Menschen. Dies Archiv 1869. Nachträge zur Osteologie der Hand und des Fusses II. Bullet. Acad. Imp. d. sc. d. St. Pétersbourg. XV, 1870. Nachträge zu den supernumerären Handwurzelknochen d. Menschen. Das. Taf. XVII, 1872. Weitere Nachträge zum Vorkommen des Ossiculum intermedium carpi beim Menschen. Dieses Archiv 1873.

2) Gegenbaur's morphologisches Jahrbuch, I, S. 172 ff.

3) Vergl. diese Zeitschrift 1875, S. 743.

sichtlich des Gorilla gebrach es mir am nöthigen Materiale. So muss ich leider die Frage, wie es mit einer ursprünglichen Anlage des Knochen bei den genannten Affenformen steht, noch gänzlich in der Schwebe belassen. Gegen eine organologische Beziehung dieses Knochens zum Naviculare scheint mir übrigens der ganze anatomische Thatbestand zu sprechen.[1])

Nach dieser, wie mir schien, ganz nützlichen Abschweifung kehre ich wieder zur Betrachtung der vorliegenden Extremitätenknochen des Bam Chimpanse zurück, welche ich mit denen anderer Specimina verglichen habe.

Die Mittelhandknochen des Bam sind im hinteren Theile[2]) ihrer Dorsalfläche etwas convex und platten sich nach vorn zu breit ab. Dasselbe ist bei dem Quillu-Chimpanse der

---

1) St. George Mivart, vom Intermedium sprechend, bemerkt: „In one manus of a Chimpanzee (Plate XIV, Fig. 1), I have found the scaphoides develope a large process, embracing the magnum dorsally, while at the same time the part passing beneath the trapezium is much developed, so that in this case it, I think, evidently and completely responds to both the scaphoides and the intermedium of the Orang (Plate XIV, Fig. 2). — On the appendicular skeleton of the Primates. Philosophic. Transaction 1867, p. 317. Bei Gratiolet und Alix heisst es: „Le scaphoïde dessine une saillie assez forte à la face dorsale du poignet et de plus il est muni d'un crochet palmaire saillant et vigoureux.“ Ferner wird gesagt, man könne nicht durchaus behaupten, dass das Intermedium dem Chimpanse fehle. „Il est seulement soudé au scaphoïde. D'autre part, on doit observer que la portion de ce scaphoïde, qui correspondant a l'os intermédiaire, par la manière dont elle enveloppe la tête arrondie du grand os, dont elle s'insinue par un bord tranchant entre le grand os et le trapezoïde et par la convexité de la face qui s'articule avec le trapézoïde et le trapèze, rappelle tout à fait ce qu'on voit sur un Macaque ou sur un Papion.“ (A. a. O. p. 82). Ich selbst habe von dem angeführten Fortsatze des Os naviculare carpi an keinem der mir zu Gebote stehenden Chimpanse-Skelete auch nur eine Spur finden können. Ich fühle mich aus diesem Grunde und anderen Voraussetzungen zufolge ausser Stande, den Erklärungen angeführter Forscher mich direct anzuschliessen, stelle vielmehr Alles auf die Probe dereinstiger Untersuchungen an foetalen Präparaten.

2) Vergl. d. Archiv 1875, Taf. VII, VIII und Figurenerklärung das. S. 303, ferner d. Archiv 1875, S. 743.

Fall, wogegen die Metacarpalknochen unseres Chimpanse Nr. 16111 vorn schmaler und weniger deutlich abgeplattet erscheinen. An den Volarflächen derselben sind keine auffälligen Unterschiede wahrnehmbar.

Die ersten Fingerglieder von Digit. II—IV sind digitalwärts beträchtlich gekrümmt und im zweiten wie letzten Drittel seitlich verbreitert (Dig. II = 10 Mm., Dig. III = 12·5 Mm., Dig. IV = 11 Mm.) Dasselbe zeigt sich beim Quillu-Chimpanse, woselbst die Verbreiterung (Dig. II = 16 Mm., Dig. III = 13 Mm., Dig. IV = 11·5 Mm.) vom brachialen gegen das digitale Drittel nicht so schroff als bei jenem Bam ist. Bei unserem Troglodytes niger dagegen sind die entsprechenden Fingerglieder schmal (Dig. II = 8 Mm., III = 10 Mm., IV = 9 Mm.) Diese Knochen sind an ihrer Dorsalfläche beim letztgenannten Thiere und beim Quillu-Chimpanse gestreckter und convexer als beim Bam.

Die Ossa metacarpi I und V, sowie die ersten Phalangen des Daumens und des kleinen Fingers sind bei allen diesen Thieren klein und gracil.

Die zweite, stets sehr flache Phalanx des II., III. und IV. Fingers des Bam sind an ihrer Basis breit und verjüngen sich sehr allmählich nach vorn. Am Quillu-Chimpanse und am Präparat 16111 ist die entsprechende Phalanx des III. Fingers breit, die Phalangen der übrigen Finger dagegen sind sehr schmal. Die Nagelglieder des Bam zeichnen sich durch grosse Gracilität aus. Ihre Endverbreiterung ist sehr unbedeutend im Vergleiche zu derjenigen der übrigen Thiere.

An den vorliegenden Knochen der oberen Extremität sind die untere Epiphyse der Ulna, die obere und untere des Radius mit den entsprechenden Diaphysen noch nicht verwachsen. Die Handwurzelknochen sind vollständig ausgebildet. Selbst das Sesambeinchen fehlt nicht. Am I. Mittelhandknochen zeigt sich die brachiale Epiphyse von der Diaphyse getrennt, bei den Mittelhandknochen 2—5 dagegen ist die digitale getrennt, die brachiale verwachsen. An den Fingergliedern ist immer die brachiale Epiphyse noch getrennt. Es entspricht dies bekanntlich dem Gange der Verknöcherung dieser Theile auch bei den

übrigen Affen.[1]) Die obere Apophyse der Ulna ist am Bam rauher, schmaler und mehr zugeschrägt als bei Troglodytes niger, woselbst dieser Theil abgestumpfter erscheint.[2]) Die Epiphysen des ersteren Thieres sind noch zu wenig ausgebildet, zeigen noch nicht die energische Ausprägung der Höcker-Furchen und anderer Unebenheiten erwachsener Thiere, weshalb es auch schwer ist, in dieser Hinsicht jene Theile beim Bam und gemeinen Chimpanse in Vergleich zu ziehen. Sonst finde ich keine irgend wesentlichen Unterschiede in der Bildung der Vorderarmknochen beider Thiere, nur dass diese Theile beim Bam viel graciler, feiner, ich möchte sagen, eleganter gebaut sind, als beim Westafrikaner. Der Arm des von Dr. Pechuël-Loesche erlegten, grossen, angeblich männlichen Chimpanse[3]) hat sehr kräftige Ossa antibrachii mit stark ausgeprägten Unebenheiten. Sonst entdecke ich in diesen Theilen keine beträchtlichen Unterschiede. Nur ist das Spatium interosseum zwischen den sehr gebogenen Knochen dieses mächtigen ♂ Thieres mit breiten, dicken Armen verhältnissmässig viel breiter als an unserem ♀ Troglodytes niger. Bei letzterem ist jenes Spatium aber auch schmaler als beim Bam.

Das Os triquetrum des Bam zeigt auf der Seite eine breitere, glattere Fläche als dasjenige des ♀ Troglodytes niger und jenes oben erwähnten ♂. Bei beiden letzteren Individuen ist diese Fläche ulnar- und vorwärts gegen die Richtung auf die Fingerspitzen zu mit einem Knochenkamm versehen, welcher radialwärts breit und convex ist, ulnarwärts aber schmaler und niedriger wird.

Von der deutsch-afrikanischen Loango-Expedition war durch Hrn. Stabsarzt Dr. Falkenstein eine angebliche Gorillahaut und ein angeblich zu derselben gehörendes Skelet eingeliefert worden. Letzteres erwies sich nun nach meiner Untersuchung bald als dasjenige eines älteren kräftigen ♂ Chimpanse, an dessen Schädel die Nähte meist noch nicht vollständig verwachsen sind.[4])

---

1) Vergl. diese Zeitschrift, Jahrgang 1875, Taf. VII.
2) Vergl. das. Taf. VIII.
3) Vergl. das. Taf. VIII.
4) Vergl. dies Archiv 1875, S. 739 ff.

Das Thier stammt von dem an Anthropomorphen so reichen Quillu-Flusse her. Dies etwa 1200 Mm. hohe Specimen hat 230 Mm. lange Hände (Mittelfinger), ohne III Phalange, denn diese fehlten dem Skelet. Auch an ihm sind die oberen (proximalen, brachialen) Phalangen breit. So z. B. beträgt die Breite der ersten derselben am Zeigefinger = 10 Mm., am 3. Finger = 12 M., die der zweiten am Zeigefinger = 11 Mm., am 3. Finger = 12 Mm. Das ist eine lange, breite Hand, deren kräftige Phalangen sehr gegen die zierlichen unseres Bam abstechen.

Man hat bekanntlich seit Huxley die hintere Extremität des Affen für eine dem menschlichen Fusse homologe Bildung erklären wollen, wogegen in vergangener Zeit nach Tyson und Blumenbach jenes Gebilde für eine hintere Hand — daher die Ordnungsbezeichnung Quadrumana — gegolten hatte.

Huxley, nachdem er die äusserliche Aehnlichkeit der hinteren Extremität des Gorilla mit einer Hand zugegehen hatte, bemerkt darüber Folgendes: „Aber die oberflächlichste anatomische Untersuchung weist sofort nach, dass die Aehnlichkeit der sogenannten „hinteren Hand“ mit einer wirklichen Hand nur bis auf die Haut geht, nicht tiefer und dass in allen wesentlichen Beziehungen die Hinterextremität des Gorilla so entschieden mit einem Fusse endigt wie die des Menschen. Die Mittelfussknochen und Finger sind andererseits relativ länger und schlanker, während die grosse Zehe nicht bloss relativ kürzer und schwächer, sondern durch ein beweglicheres Gelenk mit ihrem Metatarsalknochen an die Fusswurzel gelenkt ist. Gleichzeitig steht der Fuss schräger am Unterschenkel als beim Menschen. „Die hintere Gliedmaasse des Gorilla endigt daher in einen wahren Fuss mit einer sehr beweglichen grossen Zehe. Es ist allerdings ein Greiffuss, aber in keiner Weise eine Hand: es ist ein Fuss, der in keinem wesentlichen Charakter, sondern in bloss relativen Verhältnissen im Grade der Beweglichkeit und der untergeordneten Anordnung seiner Theile von dem des Menschen abweicht.“ „Man darf nun indess nicht glauben, weil ich (Huxley) von diesen Differenzen als nicht fundamentalen spreche, dass ich ihren Werth zu unterschätzen suche. Sie sind

in ihrer Art wichtig genug, da ja in jedem Falle der Bau des Fusses in strenger Beziehung zu den übrigen Theilen des Organismus steht. Auch kann nicht bezweifelt werden, dass die weitergehende Theilung der physiologischen Arbeit beim Menschen, sodass die Function des Stützens gänzlich dem Bein und Fuss übergeben ist, für ihn ein Fortschritt im Baue von grosser Bedeutung ist; nach Allem aber sind anatomisch betrachtet die Uebereinstimmungen zwischen dem Fusse des Menschen und dem Fusse des Gorilla viel auffallender und bedeutungsvoller als die Verschiedenheiten."

Huxley kommt fernerhin zu dem Schluss, dass „möchten die Differenzen zwischen der Hand und dem Fusse des Menschen und denen des Gorilla sein, welche sie wollten, — die Differenzen zwischen denen des Gorilla und denen der niedrigeren Affen noch viel grösser seien."

„Der Fuss des Orang weicht noch mehr ab; seine sehr langen Zehen und kurze Fusswurzel, kurze, grosse Zehe und in die Höhe gerichtete Ferse, die grosse Schiefe der Gelenkverbindung mit dem Unterschenkel und der Mangel eines langen Beugemuskels für die grosse Zehe trennen denselben noch viel weiter vom Fusse des Gorilla, als der letztere vom Fusse des Menschen entfernt ist." Nachdem Huxley noch manches Bemerkenswerthe über die Muskelbildung der Menschen- und Affenhand, des Menschen- und Affenfusses angeführt, endigt derselbe mit folgenden Worten: „So verschiedenartig die relativen Verhältnisse und die Erscheinung des Organes sein mögen, so bleibt die terminale Abtheilung der hinteren Extremität im Plan und Grundgedanken des Baues ein Fuss und kann in dieser Hinsicht nie mit einer Hand verwechselt werden."[1])

Flower bemerkt, dass der Hauptunterschied zwischen Menschen- und Affenfuss darin besteht, dass letzterer zu einem Greiforgan modificirt worden sei. Fusswurzel-, Mittelfussknochen und Zehenglieder zeigten sich bei beiden Ordnungen in gleicher

1) Zeugnisse für die Stellung des Menschen in der Natur. Deutsche Ausgabe, S. 103 ff. Ders. in A Manual of the anatomy of vertebrated animals. London 1871, p. 481 ff.

Zahl und in gleicher gegenseitiger Stellung, nur sei beim Affenfusse die Gelenkfläche des Cuneiforme I für die grosse Zehe sattelförmig und schief gegen die innere oder Tibialseite des Fusses gekehrt. Die grosse Zehe stehe deshalb getrennt von den übrigen und sei so angeordnet, dass, wenn sie gebeugt werde, sie sich zur Sohle herabbiege und den anderen Zehen sich entgegensetze, weit mehr, als dies mit dem Daumen der Menschenhand geschehen könne u. s. w.

Auch Owen spricht sich[1]) über die charakteristische Umgestaltung des Affenfusses in „an opposable grasping thumb" der grossen Zehe aus.[2]) K. E. v. Bär vermag Huxley nicht zuzustimmen, wenn dieser behauptet, die Abweichung des Menschen von dem Gorilla sei geringer, als diejenige der verschiedenen Affen untereinander. Man könne Unterschiede verschiedener Art unter den Affen finden. Bei einigen sei der Daumen nur ein Stummel, bei den anderen, wie beim Orang-Utan, seien die Finger der hinteren Extremität so lang und gekrümmt, dass sie auf ebenem Boden gar nicht ausgestreckt werden könnten; bei vielen kleineren Affen sehe die Hinterhand noch mehr handähnlich aus, als bei den grossen schweren Affen, und die Finger könnten sehr gut auf dem Boden ausgebreitet werden. Hier sei nämlich das Fussgelenk ein viel

---

1) An introduction to the osteology of the Mammalia. London 1870, p. 310.

2) Z. B. On the anatomy of vertebrates. Vol. II, p. 551. Vergl. hierüber auch noch: G. M. Humphry: The human foot and the human hand, London 1861, p. 89. St. George Mivart: Man and Apes, London 1873, p. 88. Ferner: Burmeister: Geologische Bilder zur Geschichte der Erde und ihrer Bewohner. Leipzig 1851, I, S. 101 ff. Letztere Abhandlung, welche übrigens vieles Vortreffliche enthält, ist leider zu einer Zeit geschrieben, in welcher es um die Kenntniss der Anthropomorphen, namentlich des Gorilla, noch ziemtich dürftig stand. Lucae: Die Hand und der Fuss. Abgedruckt aus den Abhandlungen der Senckenberg. naturforsch. Gesellschaft, V Bd., 1865. Bischoff: Beiträge zur Anatomie des Hylobates leuciscus. München 1870, S. 68 ff. Brühl: Myologisches über die Extremitäten des Schimpanse. (Aus der Wiener medicin. Wochenschrift 1871, S. 4, 52, 78 ff.) G. Seidlitz: Beiträge zur Descendenztheorie. 1876, S. 148 ff. Jaeger: Zoolog. Briefe, S. 438.

weniger scharf ausgebildetes und es erlaube daher mannigfache Beugungen, so dass auch die Sohlenfläche, welche eigentlich nach innen gerichtet sei, auf dem Boden zu liegen komme. Je schwerer der Körper werde, desto schärfer müsse das Fussgelenk ausgebildet werden, und desto weniger könne es daher die freien Bewegungen gestatten, die dem Handgelenk zukommen. Alle diese Modificationen seien aber nur Modificationen eines Kletterfusses oder eines greifenden Gliedes, d. h. einer Hand, nicht aber Modificationen eines festen, den ganzen Rumpf auf dem Boden tragenden Fusses. Die Zehen des Gorilla zeigten deutlich die Form einer Hand, indem die grosse Zehe wie ein Daumen abstehe, die übrigen Zehen aber nach der äusseren Seite gedacht seien. Die Fusswurzel sei beim Gorilla verkürzt, der Fersenhöcker nach innen gekrümmt. Die einzelnen Knochen des Fusses vom Menschen fänden sich allerdings in der Hinterhand des Gorilla wieder, allein es sei ein ganz anderes Organ daraus geworden, ein Organ zum Greifen, d. h. eine Hand. Es sei diese letztere aus denselben Elementen gebildet, wie der Fuss des Menschen, aber zu einem anderen Organ. Das Verhältniss sei also dasselbe, wie in den Mundtheilen der Insecten, die bei einigen gegen einander bewegliche Kiefer bildeten, bei anderen aber dünn und lang seien und einen Stachel formten. Wenn man behaupte, die Affen hätten keine hintere Hand, sondern einen Fuss, so sei das ganz ebenso, als wenn man sagte, die Mücke habe keinen Stachel, sondern verdünnte Kiefern u. s. w.[1])

Hier interessirt uns nun zunächst die hintere Extremität des Chimpanse. Ich habe schon früher Taf. VII, 3, 4[2]), Jahrgang 1875 und VIII 3, 4 die ganze Extremität des Troglodytes niger (Nr. 16111) und des Bam, sowie jetzt Tafel XIV die Fusswurzelknochen des in diesem Archiv 1875, S. 733 ff. erwähnten Quillu-Chimpanse abbilden lassen. Ein selbst ober-

---

1) Studien aus dem Gebiete der Naturwissenschaften. II. Theil 1876, S. 315 ff.

2) Das. steht im Text S. 303 Zeile 7 der Tafelerklärung fälschlich statt 4 in der Plantaransicht 5 u. s. w.

flächlicher Blick auf diese Abbildungen muss jeden mit der Osteologie des Menschen und der Wirbelthiere nur einigermaassen Vertraueten davon überzeugen, dass wir es im Tarsus dieser Thiere ganz mit denselben Elementen zu thun haben, welche den Tarsus des Menschen charakterisiren. Es sind hier der Astragalus, der Calcaneus, das Os naviculare, Cuneiforme I, II, III und cuboideum vorhanden. Freilich zeigen diese Theile mancherlei von den menschlichen Verhältnissen abweichende Eigenthümlichkeiten. Das Os metatarsi I der grossen Zehe ist am Cuneiforme I mittelst eines von der Streck- zur Beugeseite verlängerten Freigelenkes eingesetzt. Dieses Fussglied spielt hier also durchaus eine ähnliche Rolle wie der Daumen der menschlichen Hand.

Fig. 12 der oben citirten VII und VIII Tafel mögen hier sofort zu Vergleichen dienen. Die Basis des Os metac. I ist nur sehr wenig von derjenigen des Os metac. II entfernt. Die übrigen Mittelhand- und Zehenglieder der hinteren Extremität des Chimpanse entfernen sich so wenig von denselben Theilen des Menschen, dass hier unsere Betrachtungsweise dadurch nicht weiter beeinflusst zu werden vermag.

Es frägt sich meiner Ueberzeugung nach zunächst darum, wie die Affen, vorzüglich die anthropomorphen, ihre Hinterextremität gebrauchen? Vor Allem dient sie, da diese Thiere meistens ein Baumleben führen, zum Klettern, wozu die Affen sich aber auch der Hände bedienen. Der Gorilla setzt beim Gehen die eingeschlagenen Finger der Vorderextremität auf den Boden, selbst im beschleunigten Tempo. Die hintere Extremität, an welcher der längliche mehr frei hervorragende Tuber Calcanei schon mehr den Eindruck einer wirklichen plastisch hervortretenden Hacke macht, als bei Chimpanse, Orang und Gibbon, wird beim Gehen meist mit der Sohle platt auf den Boden gesetzt. Zuweilen aber auch, namentlich auf der Flucht, dient selbst die Streckseite mit den eingeschlagenen Zehen zum Aufstützen auf die Unterlage. Aeltere Gorillas haben daher Gangschwielen an der Streckseite der Finger- und Zehenglieder, welche zuweilen knotig geschwollen und sehr hart erscheinen. Wenn Bär die hintere Extremität des Gorilla so darstellt, dass

die Zehen II—V nach der Aussen- oder Fibularseite gekrümmt erscheinen, so beruht das nur auf der Willkür seines Präparators. Denn der Gorilla kann die Zehen sehr gut flach über den Boden strecken, so dass die Beugeseite der Phalangen in voller Breite die Unterlage berührt. Die ganze Fusssohle stützt sich dabei auf die Erde. Dergleichen kann man beim lebenden Gorilla des Berliner Aquariums tagtäglich beobachten. Der Chimpanse benutzt beim Gehen die eingeschlagenen Finger der vorderen und die eingeschlagenen Zehen der hinteren Extremität. Selbst laufend bewegt er sich so mit ziemlicher Schnelligkeit fort, häufig sieht man ihn aber auch die ganze Sohle der Hinterextremität auf die Erde stützen. Beim Orang-Utan zeigt sich dieselbe Gangart. Letzteres Thier setzt aber auch beim Gehen häufig den Aussenrand der Hinterextremität mit eingeschlagenen oder wenigstens doch gegen die Sohle hin gekrümmten Zehen auf die Erde. Dies konnte man sehr schön an dem unlängst gestorbenen grossen ♂ Orang des Berliner Aquariums beobachten.[1]) Dies Thier stützt beim Gehen aber auch die ganze hintere Sohle platt auf. Den Aussenrand des letztgenannten Theiles scheinen dagegen Gorilla und Chimpanse seltener zu gebrauchen. Wenn sich dieselben und der Orang gerade emporrichten und in dieser Stellung eine kurze Strecke weit — lange halten sie es dabei nicht aus — vorwärts bewegen, so gebrauchen sie die hintere Extremität häufiger mit platt ausgestreckten, selten nur mit eingeschlagenen Zehen. Die Gibbon's (Hylobates) gehen nicht, wie die anderen anthropomorphen Affen, auf allen Vieren, sondern sie gehen weit häufiger aufrecht, auf den mit platter Sohle gegen den Boden gestemmten Hinterextremitäten. Sie halten sich bei dieser Bewegung ziemlich gerade, setzen Knie und Füsse nach aussen, ziehen die Schultern zusammen und kehren die Arme in halbgebeugter Stellung nach auswärts, wobei die Hände schlaff herunterhängen. Die oberen Gliedmaassen wie Balancirstangen

---

1) Vergl. auch die Abbildung bei Schlegel und L. Müller im Atlas zu: Verhandelingen over de natuurlijke Geschiedenis der Nederlandsche overzeesche besittingen. Zool.

leicht auf- und nieder-, hin- und herwiegend, laufen sie mehr als sie hüpfen, sobald sie sich nur auf platter Erde bewegen. Auf unregelmässigem Boden dagegen ergreifen sie mit weit ausgestrecktem Arm jeden nur irgend sich darbietenden Anhaltpunkt und geben an ihm jedesmal dem Körper einen mächtigen Schwung nach vorwärts. Ist eine solche Unterbrechung in ihrem Laufe überwunden, so geht es desto besser auf den Füssen fort. Solche Hindernisse ermöglichen es ihnen, einen jedesmaligen neuen Anhub zu nehmen, und mit dessen Hülfe die Schwierigkeiten eines coupirten Terrains leichter zu bewältigen. Werden sie nun zufällig zu grösserer Eile angetrieben, so laufen sie wohl auf allen Vieren, hüpfen und springen alsdann auch noch nebenbei.

Andere Affen, die Cynopitheken u. s. w., stützen beim Gehen öfters die ganzen Beugeseiten beider Extremitäten auf.

Alle Affen, auch die anthropomorphen, bedienen sich der hinteren Extremität gelegentlich zum Ergreifen von Gegenständen. Ja beim flüchtigen Klettern, wenn sie z. B. eine ergriffene Frucht vor dem Futterneide ihres Gleichen sichern wollen, so nehmen sie letztere wohl zwischen die Zehen der Hinterextremität, seltener noch einer vorderen, und bedienen sich der übrigen Extremitäten mehr nur zur beschleunigten Locomotion.

Werden anthropomorphe Affen angegriffen, setzen sie sich zur Wehre, so stellen sie sich wie kampfbereite Bären auf die Hinterextremitäten und gebrauchen die vorderen zum Schlagen, Kratzen, Festhalten u. s. w. Verfolgte Paviane ergreifen mit einer Vorderextremität Zweige, Früchte, Steine oder dergl. und werfen damit nach ihrem Gegner.[1])

Fassen wir nun Dasjenige, was wir hier über Bau und Verrichtungen der Hinterextremität dieser Thiere kennen gelernt haben, zusammen, so müssen wir doch die Ueberzeugung gewinnen, dass wir es hier mit einem zum Gehen in man-

---

1) Vergl. die hübschen Abbildungen G. Mützel's über die Stellungen der anthropomorphen Affen in der Zeitschr. f. Ethnologie 1876, Taf. I, III und in Brehm's Thierleben, II. Aufl.; Bd. I, S. 46 u. 79.

cherlei Form und zugleich auch zum Greifen geschickten Organe zu thun haben, für dessen Bezeichnung ich die, wie wir wissen, schon von Aelteren gebrauchte Benennung „Greiffuss" von Neuem vorschlagen möchte. Ueber die Beziehungen dieses letzteren zum Menschenfusse werde ich an einer anderen Stelle berichten. Zu einer Hand gehört Rotationsfähigkeit.

Die wenigen vorliegenden Unterschenkel- und Greiffussknochen des Bam-Chimpanse[1]) zeigen sich in jeder Beziehung ungemein viel schlanker und feiner gebildet als diejenigen des vielbesprochenen Troglodytes Nr. 16111[2]), als diejenige des Quillu-Chimpanse (S. 649) und des zuletzt erwähnten, von der deutschen Loango-Expedition herstammenden Exemplares (S. 645).

Die Tibia des Bam hat eine Länge von 175 Mm. Diejenige von Nr. 16111 225 Mm. Während die Fibula des Bam = 17 Mm. Länge hat, beträgt diejenige jenes Chimpanse = 21 Mm. Die Altersunterschiede machen sich natürlicherweise auch hier bemerkbar.

Die sämmtlichen von mir in dieser Zeitschrift beschriebenen Bam-Schädel gehören jüngeren und älteren weiblichen Thieren an.[3]) Aelteren ♂ Individuen entstammen überhaupt nur die hier 1875 T. XVIII, Fig. 2 und S. 739 behandelten Schädel. Es bleibt ein nicht genug zu beklagender Uebelstand, dass uns keine Reste alter männlicher Bam vorlagen. Die Beschaffung derselben müsste eine Hauptaufgabe der von jetzt ab das Niam-Niam-Land bereisenden wissenschaftlichen Expeditionen werden.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Bam-Schädel in ihrem ganzen Bau etwas Eigenthümliches zeigen. Die Prognathie der meisten derselben ist beträchtlich. So beträgt der Abstand zwischen den Augenhöhlenbögen oberhalb der Sutura nasofrontalis und dem Alveolarrande (zwischen den inneren Incisiv.):

---

1) Vergl. diese Zeitschr. 1875, Jahrgang Taf. VII, Fig. 3, 4, 5, 6.

2) Das. Taf. VIII, Fig. 3—6.

3) Ueber die Verschiedenheiten des ♂ und ♀ Chimpanse-Schädels vergleiche meine Angaben in diesem Archive 1872, S. 147 ff.

Am	Bam-Schädel	Nr.	127 =	102	Mm.
„	„	„	128 =	96	„
„	„	„	129 =	106	„
„	„	„	132 =	100	„
„	„	„	133 =	90	„
„	„	„	134 =	98	„
„	„	„	135 =	100	„
„	„	„	136 =	97	„
„	„	„	137 =	100	„

An den Schädeln Nr. 132 und 134 ist die Zahl gering gerechnet, weil hier nämlich die Incisivalveolen bereits schadhaft, ausgebrochen erscheinen. Nr. 128, 129, 132, 134, 136, 137 gehören sehr alten Individuen an. Nr. 133 war noch nicht alt. Dümichen's Schädel Nr. 24182, bei welchem obige Distanz nur 78 Mm. ausmacht, entstammt einem noch jungen Thiere, dessen Epiphysen noch nicht verwachsen sind.[1]) Ich gebe zu bedenken, dass es sich oben um weibliche Individuen handelt.

Dieselbe Distanz beträgt aber

bei	dem	Chimpanse-Schädel	16111 =	86 Mm.
„	„	„	D 151 =	88 „
„	„	„	D 152 (der Loango-Expedition) =	107 Mm.,
„	„	„	Nr. 11 (von Lenz) =	95 Mm.
„	„	„	„ 13 „ „ =	101 „

Die Schädel 13, D 152 und 16111 entstammen alten Individuen. Der merkwürdig breite Lenz'sche Schädel Nr. 11 ist ein noch jugendlicher. Nr. D 152 gehört ebenfalls einem jungen Thiere an. Wir sehen an diesen verschiedenen Gebieten entnommenen Präparaten einen Ogōwē- und einen Loango-Schädel von beträchtlicher Prognathie. Nr. 13 ähnelt in seiner Configuration den Bam-Schädeln. Dagegen zeichnen sich die Schädel D 151, D 152, 11 und 16111 in dieser Hinsicht durch Breite und Kürze aus.

Die Messungen der Schädelcapacität ergaben man-

1) Vergl. diese Zeitschr. Jahrgang 1872, S. 484.

cherlei Differenzen. Dieselbe betrug

beim Bam-Schädel	Nr.	128 = 350	Cbcm.
„ „	„	136 = 370	„
„ „	„	137 = 390	„
„ „	„	24182 = 309	„
beim Chimpanse-Schädel	D	152 = 370	„
„ „		16111 = 349	„
„ „	D	151 = 310	„

Nr. 24182 und 16111 gehören ungefähr gleichaltrigen Thieren an. Weitere Nummern der Sammlung waren für diese Messungen nicht mehr brauchbar.

Die Bam-Schädel sind durchschnittlich schmal, namentlich in ihrer Kieferparthie, die Knochentheile derselben erscheinen fein stulptirt, haben meist recht ausgeprägte Vertiefungen, Fortsätze und Muskelleisten, sie sind leicht und spröde. Uebrigens variiren sie in Einzelnheiten untereinander beträchtlich, wie sich das auch aus den früher von mir veröffentlichten Beschreibungen ergiebt. Bedenkt man nun, dass sich diese Thiere durch einen gewissen charakteristischen Gesammthabitus des Schädels, durch dunkle Gesichts- und Gliederfarbe, sowie durch den fuchsigen Schiller ihres langen, feinen, schwärzlichen Haarkleides auszeichnen, so würde ich, nach meinen jetzigen Erfahrungen, gerade nichts Unzulässiges darin erblicken, wollte man wenigstens vorläufig noch den Bam zu einer besonderen Varietät der Chimpanse's erheben. Weniger würde ich auf Grösse und Form der Ohren geben, denn diese Theile verhalten sich bei allen Chimpanse's individuell gar zu verschieden. In dem Zahnbaue aller dieser Thiere findet sich so wenig Abweichendes, dass derselbe hier nicht weiter in Betracht kommen darf. In den vorliegenden Extremitätenknochen lässt sich leider kein zur Charakterisirung der systematischen Beziehungen der Bam geeignetes Material auffinden. Denn obwohl sich an ihnen, wie oben S. 653 bereits dargethan worden, eine auffallende Schlankheit der einzelnen Knochen nicht verkennen lässt, so ist das Thier doch noch sehr jung gewesen, auch darf man das (♀) Geschlecht desselben hierbei nicht ausser Acht lassen. Es erscheint daher bedenklich, auf die oben angedeuteten Charaktere hin weitere Schlüsse

zu bauen. Endlich fehlen uns bis jetzt zum Gesammtbilde des Bam das übrige Skelet des alten Weibchen und jeglicher Knochenrest vom älteren Männchen.[1]) Will man aber doch den Bam, wie es mir ja selbst räthlich erscheint, vom eigentlichen Troglodytes niger sondern, so mag man ihn Troglodytes niger var. Schweinfurthii (Giglioli)[2]) benennen. Dagegen würde ich lebhaften Protest einlegen, wollte man noch fernerhin von einer besonderen **Species**: Troglodytes Schweinfurthii Gigl. reden. Denn der Artbegriff bedarf gerade im Hinblick auf die sogenannten Anthropomorphen einer gehörigen Erweiterung. Die Grenze der Species darf hier keineswegs so knapp gezogen werden, als dies bisher im Sinne der alten engherzigen Doctrin geschehen ist.

Es erscheint mir völlig unstatthaft, den Bam mit den angeblichen von du Chaillu und seinen Vertretern geschaffenen Chimpanse-Species zu identificiren. Denn du Chaillu's Angaben sind in dieser Hinsicht verworren, dürftig, die sogenannte Artcharakteristik ist so mangelhaft, dass die wissenschaftliche Untersuchung nichts damit zu thun haben darf. Du Chaillu's biologische Phantastereien sind übrigens von Winwood Reade u. A. hinlänglich widerlegt worden. Du Chaillu's Abbildungen vermeintlicher Chimpanse-Arten sind meist schlechte Fabrikate aus unberufenen xylographischen Ateliers.[3]) Text und Bilder des amerikanischen Reisenden können überhaupt nur unwissende Literaten begeistern. Die Schädelabbildungen zu seinem Werke taugen aber womöglich noch weniger als seine Habitusbilder. Wie ich schon oben (1875, S. 266) bemerkte,

---

1) Giglioli besass einen jungen zweifelhaft männlichen Schädel (!)

2) A. a. O. — Hartmann im zoologischen Anhange zu Schweinfurth: Im Herzen von Afrika, II, S. 525.

3) Du Chaillu's Troglodytes calvus (Travels and adventures p. 359) ist die einzige, noch einigermaassen brauchbare Figur seines Werkes. Dagegen ist sein N'schiego Mbouvé p. 232 nichts als eine schlechte Copie des von J. Geoffr. St. Hilaire abgebildeten jungen Chimpanse, sein Kooloo-Kamba S. 270, 360 ist ein schlecht ausgestopfter Chimpanse gewöhnlichen Schlages.

sucht daher Giglioli aus den Schädelbefunden nachzuweisen, dass in Centralafrika neben dem Bam noch der wirkliche Chimpanse vorkomme. Unter den von mir beobachteten Bam-Schädeln zeigt zwar kein einziger volle Uebereinstimmung mit den von mir als typisch erklärten Schädeln des Troglodytes niger, z. B. mit Nr. 16111 des anatom. Museums zu Berlin; indessen will ich doch selbst danach die Möglichkeit nicht in Abrede stellen, als könnten im Njam-Njam-Lande oder in irgend einem anderen Gebiete Afrikas nicht zwei Varietäten des Chimpanse nebeneinander vorkommen. Eine etwaige Bastardirung derselben unter einander würde dann zu mancherlei Zwischenbildungen Veranlassung geben.

Gewiss ist, dass auch die Varietät Troglodytes niger mannigfache individuelle Variation aufweist. Die Grösse der Ohren, sowie deren Bildung in Bezug auf Leisten, Gräben, Ecken, Gegenecken u. s. w. zeigten sich sehr verschiedenartig. Junge Troglodytes niger haben gewöhnlich ein schmutzig-fleischfarbenes, in gelblich und bräunlich spielendes Gesicht. Dasselbe färbt sich mit zunehmender Entwickelung dunkler, indem sich schwärzliches Pigment flecken- und gebietsweise von der Stirn und Nase her ablagert, wodurch ein schwach russfarbenes Colorit entsteht. Nun finde ich in einer mir von dem bekannten F. Binder aus Alwincz-Borberek (Juli 1874) zugesandten Notiz, dass nach von ihm hervorgerufener Aussage der berberinischen und Denka-Jäger bei dem Bam die Gesichtsfarbe bereits in frühester Jugend sehr dunkel, fast schwarz erscheine.

Auch unter den westafrikanischen Chimpanses kommen einzelne sehr prognathe Individuen vor. Bereits die S. 654 von mir publicirten Maasse lehren uns dies. Flach-prognathes Antlitz zeigte z. B. ein sehr junger durch Prof. Bastian von der Loango-Küste mitgebrachter ♂ Chimpanse mit kleinen Ohren, welchen ich auf Taf. IV, Fig. 2 habe abbilden lassen. Das. findet sich Fig. 4 ein nach dem Leben gezeichneter Chimpanse, angeblich vom Gabun-Territorium, dessen Ohren recht gross sind. Sehr prognath ist der merkwürdige das. Fig. 1 von mir abgebildete Anthropomorphenkopf. Ich sah ihn am 7. Sept.

1873 bei einem herumziehenden Händler zu Nürnberg, der ihn in einem mit verdorbenem, fauligem Weingeist und mit Lumpen gefüllten Blechgefässe aufbewahrte und für denselben 200 Gulden (eine verhältnissmässig ungeheuere Summe) verlangte. Der Kopf war, bis auf einige stark verletzte Stellen in der rechten Gesichtshälfte, noch ganz gut erhalten. Nur gegen Erlegung eines entsprechend hohen Douceur erlaubte mir der Mann, sogleich vor dem Thore eine Zeichnung von dem höchst auffallenden Specimen zu nehmen, dessen Fundort mir nicht angegeben werden konnte. Grösse und Zahnbildung liessen auf ein noch junges ♀ schliessen. Höchst sonderbar waren das kleine menschenähnliche Ohr, die vorstehenden Augenwülste, unter denen stark entwickelte Augenhöhlenbögen fühlbar wurden, die breite Nase, die prognathe Kieferparthie und die lange, gewölbte, vorragende Oberlippe.[1])

Damals leider machten die Sorge um eine alte, schwerkranke, von mir begleitete Verwandte und die in Folge dessen beschleunigte Abreise weiteren Negotiationen um Erwerbung des höchst interessanten Specimens ein Ende. Nie habe ich von dem Verbleib desselben wieder gehört. Seine Weichtheile mögen vielleicht bald unter dem Einflusse der sich schon damals bemerkbar machenden Fäulniss und der Wärme verdorben sein, der Schädel kann ja in irgend ein Museum gewandert sein. Ich gab hier die Abbildung des Kopfes, entschlage mich aber vorläufig jedes weiteren Urtheiles über dies Präparat. Fig. 3 das. zeigt den Kopf eines ♂ etwa dreijährigen Chimpanse und eine Profilbildung, wie sie bei jüngeren Exemplaren von Troglodytes niger (ungefähr desselben Alters) häufig beobachtet wird.

Man kann nicht behaupten, dass die Prognathie bei alten ♂ Chimpanse's durchaus grösser sei, als bei alten ♀. Bischoff's Gypsmodell des alten ♂ zeigt hinsichtlich der S. 654 erörterten Distance 105 Mm. Der 1875 S. 739 erwähnte, allerdings noch

---

1) Ich habe bisher nie weiter ein Wort über dieses sonderbare Präparat verloren, weil ich dasselbe früher für die Missbildung eines Chimpanse gehalten hatte. Jetzt denke ich freilich anders darüber.

nicht völlig erwachsene ♂ Schädel lässt diese Distance auf 100 Mm. abschätzen. Man vergl. damit die S. 654 angegebenen Zahlen bei ♀ Schädeln. Jedenfalls zeigt sich die Prognathie bei verschiedenen Individuen von Chimpanses verschiedenartig ausgeprägt. Am Bam und ähnlichen Formen ist die Nasen- und Lippengegend bei starker Prognathie flach, bei anderen ist sie erhaben, gewölbt. Man vergl. über diese Contraste Fig. 1, 2, 4 der Taf. IV.

Im Nachfolgenden soll uns nun zunächst die allgemeine Morphologie des Chimpanse-Schädels und Chimpanse-Skeletes beschäftigen.

(Fortsetzung folgt.)

Tafel-Erklärung.

Taf. XIV.

Fig. 1—10. Tarsalknochen des Jahrgang 1875 S. 733 erwähnten Quillu-Chimpanse.

Fig. 11. Verknöcherung des Os naviculare bei einem jungen etwa $\frac{3}{4}$ Jahr alten) Chimpanse.

α Knochenkern.

Fig. 12. Carpus der rechten Hand eines jungen Hylobates agilis mit den Knochenkernen.

n. Os naviculare.
l „ lunatum.
t. „ triquetrum.
st. „ styliforme.
ma. „ multangulum majus.
mi. „ „ minus.
c. „ capitatum.
h. „ hamatum.
i. „ intermedium.

Taf. XV.

Fig. 1. Linker Carpus eines erwachsenen ♀ Gorilla. Volarseite. A. Ulna. B. Radius. C—G. Ossa metacarpi.

n. Os naviculare.
l. „ lunatum.
t. „ triquetrum.
st. „ styloideum.
ma. „ multangulum majus.
mi. „ „ minus.
c. „ capitatum.
h. „ hamatum.

* Sesambein.

Für Fig. 2—4 gelten dieselben Bezeichnungen.

Fig. 2. Dasselbe. Dorsalseite.

Fig. 3. Rechter Carpus eines erwachsenen Orang-Utan. Dorsalseite. Die Ulna A ist der leichteren Uebersicht wegen zur Seite gezerrt worden.

Fig. 4. Dasselbe. Volarseite.

i. bedeutet das (in Fig. 3 dorsalseits, in Fig. 4 aber volarseits verdeckt liegende Os intermedium) (Os centrale carpi).

Fig. 5. Theil der linken Hand eines ♂ Chimpanse.

1. Musculus extensor digitorum communis.
2. „ „ carpi radialis brevis.
6. „ „ „ „ longus.
3. „ „ pollicis longus und brevis.
4. „ „ carpi rad. brevis.
4a. „ abductor pollicis longus.
5. „ supinator longus.
7. „ flexor carpi radialis.
8. „ abductor pollicis brevis.
9. „ interosseus dorsalis I.
9a. „ adductor pollicis.

α. Ligamentum carpi commune.

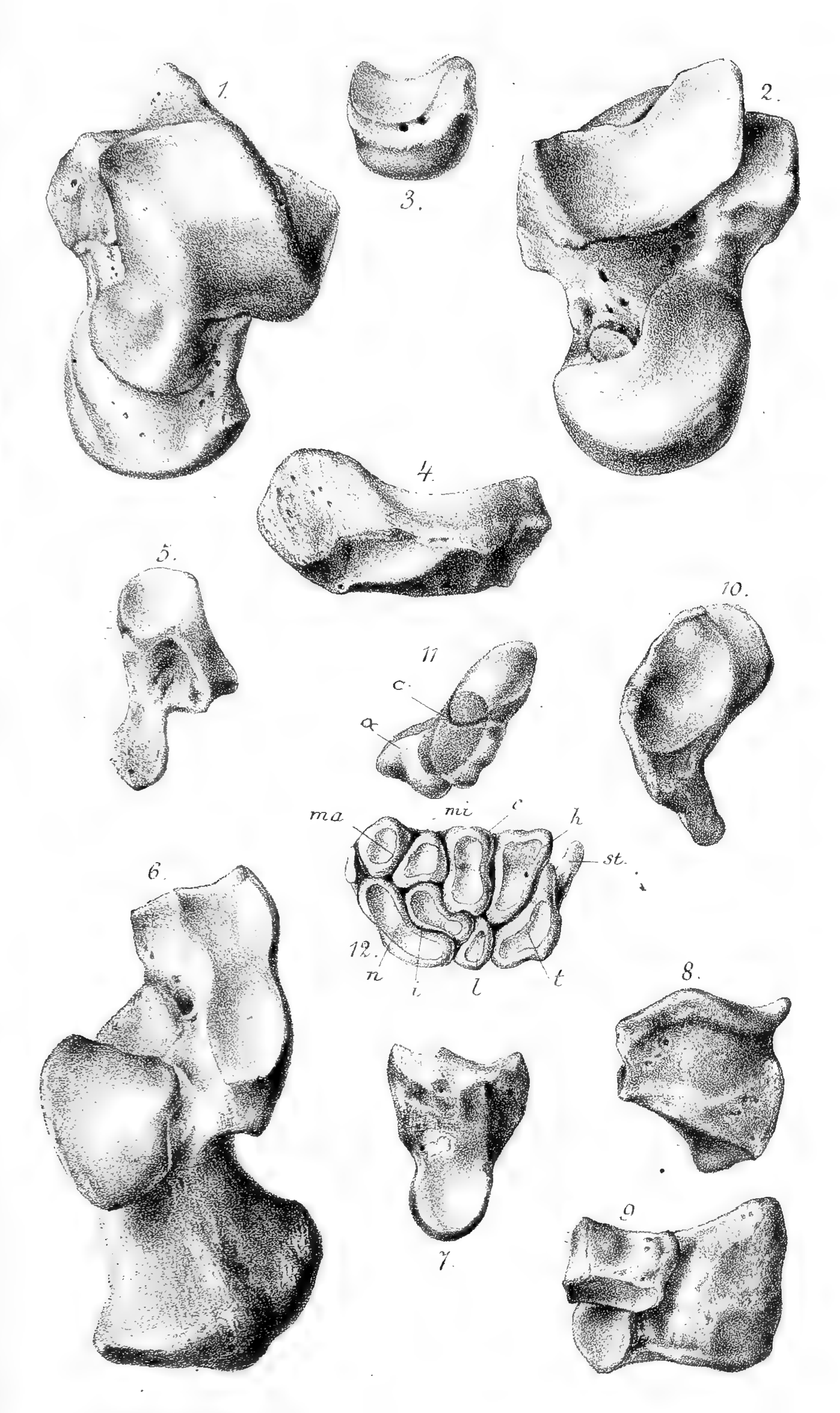
* Os sesamoideum.

Fig. 6. Theil der rechten Hand eines ♀ Chimpanse.

2, 2a. Musculus extensor carpi radialis longus und brevis.
3. „ „ pollicis brevis.
4. „ abductor pollicis longus.
7. „ flexor digitorum communis sublimis.
8. „ abductor pollicis brevis.
9. „ interosseus dorsalis I.
10. „ extensor pollicis longus.
11. „ „ digitorum communis.

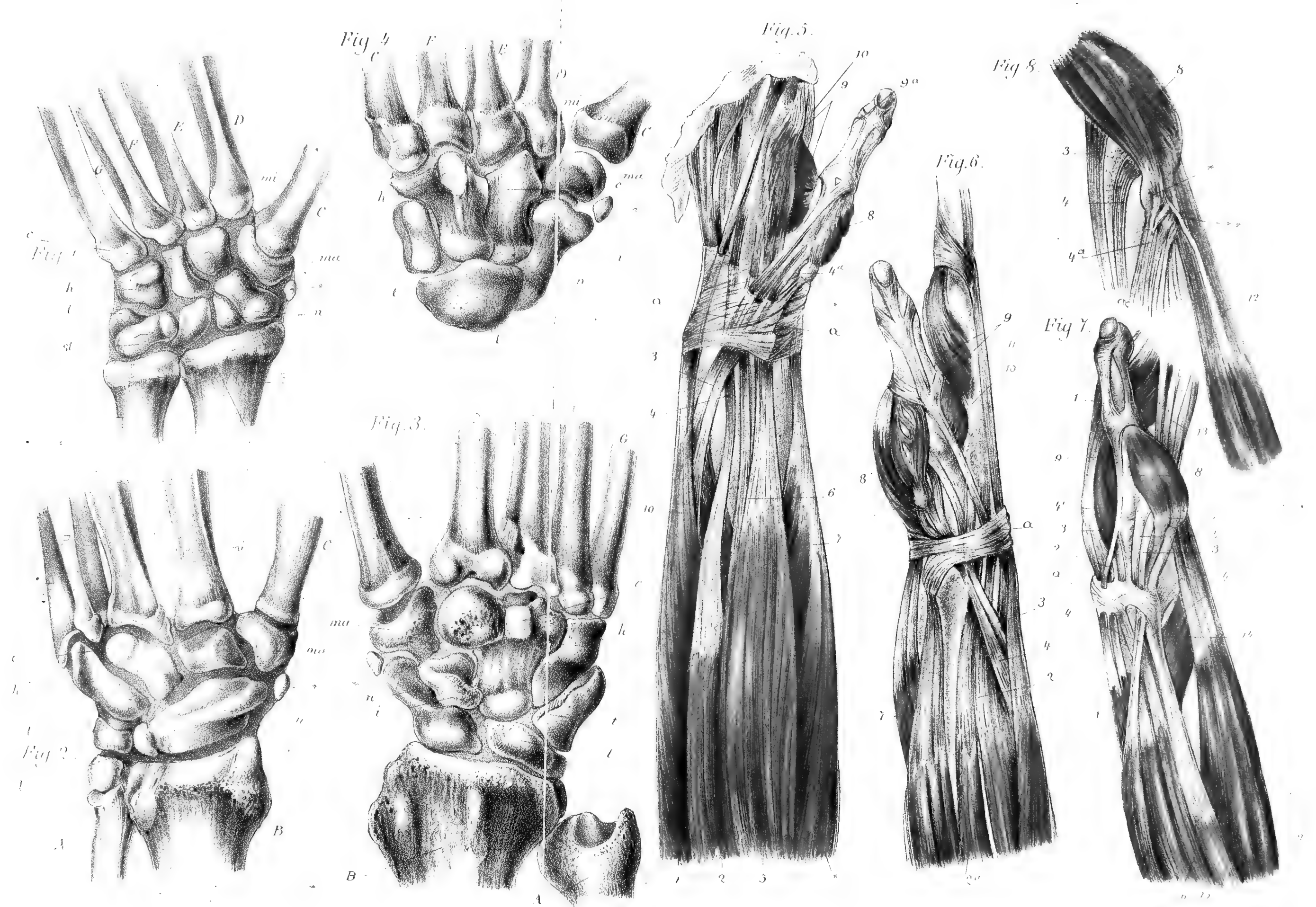
Fig. 7. Theil der linken Hand eines jungen Orang-Utan.

1. Musculus extensor digitorum communis.
2. „ „ pollicis longus.
3. „ abductor „ „



W. A. Meyn ad nat. lith





R. Hartmann ad nat del



4.	Musculus	extensor pollicis brevis.
8.	„	abductor pollicis brevis.
9.	„	interosseus dorsalis I.
13.	„	flexor digitorum comm. sublim.
14.	„	pronator quadratus.
15.	„	supinator longus.
16.	„	extens. carpi radialis longus et brevis.

α. Ligament. carpi commune.

* Sesambein.

Fig. 8. Thenar-Theil der rechten Hand eines älteren ♀ Orang-Utan.

3.	Musculus	extens. digitor. commun.
4, 4a.	„	abductor pollicis longus.
8.	„	extens. digitor. brevis.
12.	„	flexor pollicis longus.

** Sehnenfaden desselben, welcher sich an das Sesambein * anheftet.

Anatomische Untersuchung der Gefässnerven der Extremitäten.

Von

HERMANN FREY aus Zürich.

Zweite Abhandlung.

Hierzu Tafel XVI u. XVII.

Die Beschreibung der makroskopisch erkennbaren Gefässnerven findet man in den Lehrbüchern der Anatomie unter der Rubrik Sympathicus, während deren mikroskopisches Verhalten an einer anderen Stelle erörtert oder ganz den Lehrbüchern der Histologie überlassen wird. Diese Trennung will ich auch der Uebersichtlichkeit halber in dieser kleinen Abhandlung durchführen. Der erste Abschnitt soll also die Literatur und meine eigenen Beobachtungen über die gröberen Verzweigungen der Nervi vasorum enthalten, der zweite einen Abriss dessen bringen, was bis jetzt mit dem Mikroskop darüber gefunden worden ist.

Die Gefässnerven des menschlichen Körpers sind in einzelnen Theilen so genau erforscht worden, dass schwerlich mehr viel Neues darüber gefunden werden wird. Man erinnere sich nur an die Verfolgung des Plexus caroticus bis in den Plexus tympanicus, in's Ganglion oticum, sphenopalatinum, an die genaue Bearbeitung der Aortenplexus u. s. w. Dagegen haben, sich nicht viele Anatomen gefunden, die auf den Verlauf der Nervi vasorum an den Extremitäten Rücksicht genommen haben, und es soll der Zweck der vorliegenden Arbeit sein, diese Lücke in der Literatur, so gut als ich es vermochte, auszufüllen.

Ein Theil der descriptiven Anatomien geht über mein Thema stillschweigend hinweg oder begnügt sich mit der kurzen Notiz, dass der Nervenplexus, der die Aorta umspinnt, sich auch auf die Gefässe des Armes und des Beines fortsetze. Führer in seiner topographischen Anatomie erwähnt peripherische Nervengeflechte, die sich an den grossen Gefässstämmen zunächst den Gelenken finden. Selbst Rüdinger in seinem ausgezeichneten Werke: „Die Anatomie der menschlichen Gehirnnerven", spricht bei Behandlung des Sympathicus gar nicht von den Nervenplexus an der axillaris und femoralis. Dagegen findet sich in seiner Abhandlung über die Gelenknerven folgende Stelle:

„Der Nervus tibialis gelangt in den oberen Theil der Fossa poplitea und schickt einen Nervenast von seiner vorderen Fläche ab, der sich in schräger Richtung nach unten, vorn und etwas nach innen zieht. Nach einem Weg von 1—2 Zoll theilt er sich in zwei schwächere Aestchen, die beide in leicht geschlängelter Richtung die Theilungsstelle der Arteria poplitea erreichen und hier einen zweiten, tiefer unten vom Nervus tibialis weggehenden Zweig und einen später zu beschreibenden Nervus fibularis aufnehmen. Sie bilden um die Arteria und Vena poplitea ein reiches, viel verschlungenes Geflecht, einen wirklichen Plexus popliteus, wovon feine Fäden in die Scheide der Arteria und Vena poplitea eindringen, und in ihren Wänden Aufnahme finden. Die aus dem Geflecht hervorgehenden grossen Nervenzweige, theilweise Fortsetzung der Stämmchen, verhalten sich folgender Art: Das dünnere, obere, mehr nach innen gelegene gelangt in seinem weiteren Verlauf in den Winkel zwischen Vena saphena parva und Vena poplitea, verbindet sich vor und etwas nach aussen von den Gefässen mit einem langen Ast vom Nervus fibularis, um mit ihm ein gemeinsames Stämmchen zu bilden. Dies Stämmchen nun gelangt an der inneren Seite der Gefässe vorbei und nimmt seinen Weg durch das hier in Masse liegende Fett nach dem unteren Dreieck der Fossa poplitea, wo es sich in mehrere Fäden spaltet, die in der Umgebung des lig. popliteum in den fettigen Lücken verschwinden. Das dickere Stämmchen giebt dann, sobald es

etwas tiefer in den oben genannten Winkel der beiden Venen gekommen ist, nochmals Fäden zum Plexus popliteus und einen Faden, der dem Verlauf der Art. articularis media folgt und mit ihr sich in der hinteren Kapselfläche und den Ligg. cruciatis vertheilt. Der Endast schlingt sich nach vorn um die Arterie und Vene herum, gesellt sich zur Art. articul. genu super. int. begleitet dieselbe und vertheilt sich zuletzt unter dem Caput internum musc. gastrocnem. in und zwischen den Sehnenbündeln der hinteren, inneren Kapselfläche. Ein zweites, kleineres Aestchen entspringt 1—1½'' tiefer als das vorige, in der Regel von einem Muskelzweig des N. tibialis, das auf kürzerem Wege nach aussen das Fett in schräger Richtung durchbohrt und in der Umgebung der Gefässe sich mit dem oben beschriebenen verbindet.

Vom Nervus fibularis erhält die Kapsel zwei ziemlich starke Nerven. Ein dünner langer Zweig entspringt hoch oben, einen Weg von 5—7 Zoll zurücklegend. Er läuft hinter dem Musculus biceps femoris nach innen gegen die Gefässe, und wendet sich hinter denselben nach aussen, um die oben beschriebene Verbindung mit dem ersten Ast vom Nervus tibialis einzugehen. Er nimmt somit an dem Plexus popliteus Antheil und nimmt sodann den oben angegebenen weiteren Verlauf.

Henle kommt in seiner allgemeinen Anatomie S. 510, wo er über die Gefässe und deren Nerven handelt, auf die weiter unten zu erwähnende Arbeit Lucaes zu sprechen und sagt S. 511: „Indess will auch Pappenheim an vielen Arterien die Nerven bis in die mittlere Haut verfolgt haben“ und später: „Zweige der Cerebrospinalnerven zu den Arterien stellte auch Goering (de nervis vasa adeuntibus) dar“.

Das Lehrbuch der Anatomie von Quain-Hoffmann enthält S. 738 folgende Stelle: „Die Arterien werden gewöhnlich von grösseren Nerven begleitet, allein ausserdem sind auch Nerven in ihren Wandungen verbreitet, welche wahrscheinlich deren Contractionen beeinflussen. Die Gefässnerven stammen vorzugsweise aus dem sympathischen System, jedoch auch aus dem Gehirn und Rückenmark. Sie bilden um die grösseren Arterien Geflechte und verlaufen mit den kleineren Gefässen in Form

feiner Nervenfädchen. Von diesen dringen sie durch die Adventitia bis zur Media vor und lösen sich in ein feines Netz äusserst feiner, blasser Fasern auf". Während die Verfasser auf S. 1314 von den Gefässplexus der Carotis, ja der Arteria maxillaris interna und Thyreoidea inferior, also relativ kleiner Gefässe, sprechen, erwähnen sie die der Axillaris und Femoralis gar nicht. S. 1314 bringen sie die Literatur des Sympathicus; es findet sich aber auch hier keine auf mein Thema bezügliche Angabe. Von anderen Lehrbüchern der Anatomie spricht nur W. Krause in seiner allgemeinen Anatomie eingehender über die Nervi vasorum S. 532:

„Die Aa. subclavia, axillaris, brachialis u. s. w. werden auf ihrem ganzen Verlauf von sehr feinen Nervenstämmchen begleitet, welche sie in Form eines weitmaschigen Plexus mit langsgestellten Maschen umspinnen", und weiter unten: „So findet man an der Arteria axillaris feine Zweige vom Nervus musculo-cutaneus und von der Ansa, wolche die Nervi cervicales VIII und dorsalis I mit einander bilden. Diese Schlinge giebt einen stärkeren Zweig zum Bündel der übrigen, den Plexus cervicalis zusammensetzenden Rückenmarksnerven, welcher Zweig in den Nervus medianus übergeht. Von demselben trennt sich ein dünneres Nervenästchen ab, welches längs der Art. brachialis zu verfolgen ist. (Siehe Plexusbildung unten.) Das beschriebene Verhalten scheint nicht ganz constant zu sein. Auch die Aeste der subclavia sind von feinen Nervenzweigen begleitet". Später folgt noch: „Im Allgemeinen gelangen die Gefässnerven unter spitzen Winkeln zu den betreffenden Blutgefässen. Zuweilen kommen auch rückläufige, ebenfalls unter spitzen Winkeln herantretende Aestchen vor. Die Stämmchen der Gefässnerven führen neben vielen blassen, von kernhaltigem Neurilem umgebene einzelne doppeltcontourirte Nervenfasern. Wie beide Faserarten enden, ist nicht ausgemacht. Man weiss, dass einige doppeltcontourirte an der Abgangsstelle der Arteria profunda femoris mit 2—3 Vater'schen Körperchen aufhören (siehe unten). Auch die grösseren Venen besitzen ähnliche aber sparsamere Gefässnerven".

Ausserdem citirt Krause noch eine von mir herrührende Arbeit:

„Gefässnerven des Arms“, die im Archiv für Anatomie und Physiologie von Reichert und du Bois-Reymond im Jahrgang 1874 erschienen ist.

Ein französisches Werk: nouveaux éléments d'anatomie descriptive et d'embryologie par H. Beaunis et A. Bouchard bringt folgende Daten: pag. 382. Quant aux nerfs des vaisseaux, ils constituent les nerfs vasomoteurs. Luschka prétend avoir vu leurs terminaisons arriver jusque dans la tunique interne. Jl nous semble plus probable, qu'ils n'atteignent que la membrane contractile, avec laquelle il est évident, qu'ils doivent avoir des rapports, ce que démontre la figure 112 (aus dem Werk von Gimbert ausgezogen, worüber unten mehr). Pag. 688: A la suite d'expériences multipliés, Schiff a pu déterminer l'origine des nerfs vasomoteurs dans la moëlle, au moins de ceux qui se rendent aux extrémités. Il a vu que les nerfs vasomoteurs du pied et de la jambe naissent dans la région lombaire et qu'une grande partie d'entre eux se distribuent avec le crural et le sciatique, tandis que d'autres se rendent directement sur les vaisseaux. Ceux de la cuisse, du bassin et de l'abdomen proviennent de la fin de la moëlle dorsale. Ceux de la main et de l'extrémité inférieure de l'avant-bras cheminent avec les branches du plexus brachial. Ceux du bras et de l'épaule gagnent l'artère sousclavière par le cordon du sympathique et tirent leur origine de la partie de la moëlle, qui donne naissance au troisième, quatrième, cinquième et sixième nerfs dorsaux“.

Ziehen wir endlich noch die umfangreiche Anatomie von Sappey zu Rathe, so finden wir in der zweiten Hälfte des ersten Bandes Pag. 384 folgende Angaben:

„Des nerfs pénètrent dans les parois des artères sous la forme de filets extrémement grêles et fort difficiles à suivre dans le trajet, qu'ils parcourent. Cependant Wrisberg a suivé dans les artères de la face et du front des filaments nerveux, qui proviennent de la cinquième paire. M. Ribes (konnte leider nicht nachgesehen werden, weil keine weitere Angabe

des betreffenden Werkes dabei stand) dit avoir suivi des rameaux du grand sympathique sur la carotide interne jusque dans la substance du cerveau, des branches du plexus brachial jusqu' à la partie inférieure de l'artère humérale et de ses divisions, des ramifications du système nerveux ganglionaire sur l'artère crurale jusqu'à l'artère poplitée. Rudolphi, Lucae, Purkinje, Henle etc. rapportent des observations analogues. Il est presque impossible de suivre ces filaments nerveux au delà des couches superficielles de la tunique moyenne. Ondemann, il est vrai, assure les avoir suivi jusque dans la membrane interne, mais cette assertion exigerait une démonstration".

Was nun die Specialarbeiten über Gefässnerven anbetrifft, so fand ich deren zwei. Frühere Bearbeitungen sind in der Einleitung zu Göring's Abhandlung angegeben. Weitere Untersuchungen habe ich mit den mir zu Gebote stehenden Hülfsmitteln nicht auffinden können.

Die erstere der beiden Specialuntersuchungen von D. Lucae erschien im Jahrgang 1809 von Reils Archiv für Physiologie und enthält die Angabe, dass sich kurze Aestchen, vom Hauptnervenstamm abtretend, in die Arterien einsenkten, um sich strahlenförmig ausgebreitet, in deren Adventitia zu verlieren.

Die zweite viel eingehendere ist:

Dissertatio inauguralis anatomico-physiologica de nervis vasa praecipue extremitatum adeuntibus, Auctore Gustavo Goering, Gothano. Jenae 1836.

In der Vorrede giebt er an, dass Wrisberg, Lucae, Lobstein und andere darüber zu widersprechenden Resultaten gekommen seien.

Wrisberg (in: de nervis arterias venasque comitantibus) dicit: Talium sane ansarum plures dictis (laqueis nempe circa arteriam thyreoideam inferiorem et subsclaviam et nervo intercostali) longe majores fortioresque in chiasmate nervorum brachialium arteriam axillarem transmittente et nervo tibiali communi in poplite divisiones arteriae popliteae sustinente animadvertuntur.

Klint (in: de nervis brachii Göttingae 1784) scribit: nervus medianus arteriae brachiali venisque profundis parallelus

descendit parvos tamen surculos manifeste tunicis vasorum subjacentium impertit.

Item Lucae (Quaedam observationes anatomicae circa nervos arterias adeuntes et comitantes Francofurtii ad Moenum 1810) surculos nervorum descripsit atque icone expressit plures pro tunica media arteriae brachialis.

Lobstein (in: de nervi sympathici humani fabrica, usu et morbis Parisiis 1823) fand nie einen Nerven, der vom Sympathicus zu den Gefässen der Extremitäten direct hingegangen wäre, was Goering nach eigenen Erfahrungen bestätigt.

Er praeparirte die Nervi vasorum auf einem Pechteller unter Weingeist, nach vorgängiger Härtung in Alcohol oder er tauchte sie für kurze Zeit in Salpetersäure. Mit diesen Methoden gelangte der Verfasser nun zu folgenden allgemeinen Sätzen: „Die Gefässnerven gehen in spitzem Winkel vom Hauptstamm ab und breiten sich in den Gefässhäuten aus. Besonders an den Stellen, wo die Arterien sich theilen, werden sie gefunden. Oft überschreiten sie Gefässe, ohne ihnen Aeste zu geben, um in benachbarten Theilen zu enden z. B. die Leber- und Magenäste, die aus dem Sympathicus stammen. Wie die Gefässe der Extremitäten, so haben auch deren Nerven einen gestreckteren und direkteren Verlauf als die Aeste des Sympathicus

Goering fand an der Arteria brachialis nervi vasorum, die vom Nervus medianus herkommen, und zwar einen oder mehrere Aeste, aber diese gehen nur ins umliegende Bindegewebe. Am Vorderarm bekommen die Gefässe von den begleitenden Nerven Zweige; also versorgt der Nervis ulnaris die Arteria ulnaris, der Ramus superficialis nervi radialis die Arteria radialis, der Medianus die Interossea antica und zwar weit unten und auch mit solchen Aesten, die auf ihr enden. An der Arteria interossea postica fand er keinen Nerven.

Schon Klint sah mit der Arteria nutriens humeri vom Nervus musculocutaneus herkommend einen Ast in den Knochen eintreten, was Goering bestätigt. Das gleiche Verhältniss findet sich am Bein. An die femoralis, sobald sie unter dem Ligamentum Pouparti hervorgetreten ist, sah Goering Nerven

vom cruralis gehen, und zwar in Form mehrerer kurzer Aestchen.

Dann fährt er fort:

„Et ex nervo proprio arteria femoralis nervos accipit, qui a tertio pari nervorum lumbalium enatus, nervo crurali modo longiori modo breviori spatio laxe tantum imcumbens, extra ligamentum Poupartii quam primum ad arteriam cruralem accedit et illam pluribus surculis amplectitur, (vide Joannes Adamus Schmidt in libro suo: Commentarius de nervis lumbalibus eorumque plexu anatomico-pathologicus cum quatuor tabulis aeneis Vindebonae 1794), quorum unus in posteriore arteriae cruralis parte ante musculum pectineum ad arteriam femoris profundam flectitur et divisa omnes huius arteriae ramulos comitatur. Surculi arteriae cruralis superficialis inter venam et arteriam cruralem descendentes ramulos huius arteriae tunicis admittunt, qui multimodo illam circumdantes, partim in tela cellulosa partim in tunicis arteriae ipsis evanescunt. Ad arterias femoris circumflexas nullos ex nostro nervo ramulos perscrutari valui. Ab nervo sapheno, qui in externa arteriae cruralis parte descendit, nervus arteriae crurali proprius nonnullorum surculorum augmentum capit.

Tertia parte inferiori femoris, ubi arteria cruralis musculum adductorem magnum perforat, ramus ex nervo obturatorio, inter musculum adductorem brevem et magnum descendens vices nervi modo descripti suscipit. Hic nervus continuatione tenui nervi arteriae cruralis proprii auctus, totam arteriam popliteam comitans usque ad inferiorem popliteae partem decurrit, qua via non solum arteriam popliteam nonnullis surculis complectitur, qui instar manus, quae corpus quoddam rotundum comprehendit, tunicae externae arteriae arctissime adhaerent, sed etiam arteriis articularibus cuique ramulum cum illa conjuncte decurrentem tribuit. Truncus nervi ipse arteriae popliteae adhaeret et quia arteriae, ceteris partibus exceptis, destinatus est, nervus arteriae popliteae proprius apte nominari potest.

Hic nervus desinit illo loco, quo arteria poplitem relinquens, in arteriam tibialem anticam et posticam discedit, quae propriis nervis utuntur.

Arteria tibialis postica accipit a nervo tibiali sex ad octo ramulos, qui arteriae imcumbentes eam comitantur et singuli in eam evanescunt.

Idem nervus tibialis ad arteriam peroneam duo vel tres ramulos admittit, qui huic arteriae plane distinati (muss wohl „destinati" heissen) sunt.

Arteria tibialis antica contra a nervo peroneo ramulis instruitur; hic nervus enim fibulam circumgressus, arteriae tibiali anticae, ligamento interosseo egressae, impertit surculum, qui iterum in plures ramulos divisus, in tunicis arteriae ipsis decurrens, omnes, qui ad musculos abeunt, nervulis consulit.

Sic igitur nervus cruralis arteriam cruralem, nervus obturatorius arteriam popliteam et nervus ischiadicus arterias cruris moderat, ita ut illi tres maximi pedis nervi cum omnibus fere pedis arteriis conjuncti sint. Im zweiten Theil seiner Arbeit behandelt Goering den physiologischen Theil seines Themas, was uns hier weiter kein Interesse bietet.

Im Verlaufe meiner Auseinandersetzung werde ich auf die Punkte zu sprechen kommen, in denen die Resultate meiner Untersuchungen von meinen Vorgängern abweichen.

Was die Art anbetrifft, wie ich präparirte, so geschah die erste Präparation in situ an der Leiche; auch die Zeichnungen 1—20 in der vorher erwähnten Arbeit und 1—14 in dieser wurden auf dem Präparirtisch gemacht, um dann später noch genauer ausgeführt zu werden. Die feinere Verfolgung der Gefässnerven (Fig. 14—17) wurde auf einem Pechteller unter Wasser gemischt mit Weingeist vorgenommen. (Weiteres später.)

Gehen wir zur Beschreibung der Bahnen über, die die vasomotorischen Nerven benutzen, so findet man, dass auch hier wie bei allen anderen Nerven der Grundsatz gilt, so schnell wie möglich zum Ziele zu gelangen. Dieser Weg ist aber den nervis vasorum schon durch die die Gefässe begleitenden sensiblen und motorischen Nerven vorgezeichnet.

Beaunis und Bouchard sprechen auch davon, dass sich die vasomotorischen Nerven direct ans Gefäss begeben könnten.

Leider kann man aus dem wenigen, was sie anführen, nicht erkennen, ob sie die Stellen der Gefässe meinen, die

den Orten, wo die Gefässnerven entspringen, zunächst liegen oder weiter entfernte. Wäre das erstere der Fall, so wäre es natürlich, dass sie meinten, dass z. B. eine Stelle der Aorta von einem direct an sie tretenden Gefässnerven versorgt würde. Sonst liesse sich ihr Ausspruch schwierig erklären und noch schwieriger anatomisch begründen.

Nach obigem Satze sieht man sehr selten eine Arterie ohne begleitenden Nerven und das geht, wie schon lange bekannt, so weit, dass Arterie und Nerv an der Stelle eines Muskels eintreten, an dem die aus den Capillaren desselben gesammelte Vene austritt, wobei der Nerv, soweit ich es nachweisen konnte, immer den Gefässen die Nervi vasorum lieferte. Auch die Hautvenen verlaufen selten ohne die Begleitung eines grösseren oder kleineren Nerven.

Diese Regel gilt aber nicht nur von den grösseren Arterien und Venen, sondern selbst bei Nerven, die einen Durchmesser von 0·012 Mm. zeigen, wurden immer begleitende Gefässe gefunden. Dadurch ist den vasomotorischen Nerven nicht nur ihr Weg vorgezeichnet, sondern sie finden an den viel kräftigern sensiblen und motorischen Nerven auch eine Stütze.

Der oben ausgesprochene allgemeine Satz, dass eine Arterie oder Vene vom begleitenden Nerven versorgt werde, muss aber nicht so verstanden werden, dass nur ein Nerv das betreffende Gefäss versorge, sondern es können auch mehrere sein. So wird die Arteria brachialis in ihrem oberen Theil von kurzen Aesten versorgt, die aus dem Plexus brachialis hervorgehen, weiter unten aber von verschiedenen Aesten. Sehr schön zeigt dies ein Fall, wo der Nervus cutan. int. femoris und der Nervus cutan. medius ungefähr in gleicher Höhe Aeste an die Vena saphena magna abgaben. Auch kann ein Stämmchen bei den tiefliegenden Gefässen nur eines derselben innerviren und anderen Nerven das zweite Gefäss überlassen. Auch braucht es nicht der grösste, dem entsprechenden Gefäss zunächstliegende Nervenstamm zu sein, der dieses versorgt, sondern irgend ein anderer, wobei sich aber der erstere noch an der Innervation betheiligen kann. Die Arteria collateralis ulnaris prima z. B. wird vom Ramus collateralis nervi

radialis (Wenzel Gruber) versorgt und nicht vom ulnaris, an dessen Seite sie doch gegen das Ellenbogengelenk hinunterläuft. Ebenso fand ich nie Aeste vom Nervus ischiadicus abgehen, um die Rami perforantes der Arteria profunda femoris zu versorgen. Nachdem ich nun den Verlauf der vasomotorischen Nerven ganz im Allgemeinen behandelt habe, welcher Verlauf sich übrigens schon aus physiologischen Daten ohne besondere Präparation erschliessen lässt, will ich nun die Hauptresultate anführen, die ich in Folge meiner (10—12) Präparationen gefunden habe, muss aber, um Missverständnisse zu vermeiden, erklären, dass ich „primäres Aestchen" ein solches nenne, das von irgend einem Nerven abgehend, meist ohne Theilung an das Gefäss tritt, wo es dann in die „secundären" Aeste ausläuft.

Die primären Nervi vasorum treten fast immer unter einem spitzen Winkel an das zu innervirende Gefäss, wie auch Goering und Lucae anführen. [Ueber eine Ausnahme siehe bei der Vena cephalica.] Man findet ja auch bei den sensiblen und motorischen Nerven recurrirende Aeste sehr selten. Sollte eine oberhalb des Zutrittspunktes des Nervus vascularis gelegene Stelle des Gefässes noch nicht innervirt sein, so findet sich immer bei der Vertheilung in secundäre Zweige ein solcher recurrirender, dem dann diese Aufgabe zufällt. Ueberhaupt sind bei den secundären Gefässnerven die recurrirenden Aeste sehr häufig und es möchte fast scheinen, dass ein solches einen kreisförmigen Bezirk versorge, wobei die Eintrittsstelle im Centrum liegen würde. Nie habe ich, wie O. Lucae es gefunden zu haben behauptet, ganz kleine kurze Aestchen gesehen, die sich ohne weitere Theilung strahlenförmig ausbreiteten und so sich ins Gefäss einsenkten, sondern immer ist ein grösseres oder kleineres Stämmchen vorhanden, das, aus den motorischen oder sensiblen Nervenstämmen abtretend, sich in mehr oder weniger zahlreiche secundäre Aeste theilt.

Manchmal kommt ein Aestchen vor (das man wohl am besten Nervus vasi proprius nennen würde) das sich durch diese Theilung nicht erschöpft, sondern eine kürzere oder län-

gere Strecke neben dem Gefässe hinläuft, wie auch Goering es zuweilen gefunden hat.

Wenn Goering angiebt, dass einzelne seiner Gefässnerven nur im Bindegewebe endigten, und dadurch zwei Abtheilungen machen will, so glaube ich doch diesem Beispiel nicht folgen zu müssen. Ich habe mich immer bemüht, auch bei den Fig. 1—14, natürlich noch mehr bei Nr. 14—17, die Nervi vasorum in die Gefässwand selbst hinein zu verfolgen. Allein bei den feinsten Verzweigungen ist mir das nicht immer gelungen; wenn ich einen Nerven in dem wenigen Bindegewebe, was ich um die Gefässe bestehen liess, verschwinden sah, glaube ich doch immer, fest versichern zu können, nur Gefässnerven beschrieben zu haben. Wenn ich einen Nerven nur bis in die Adventitia im weiteren Sinne verfolgen konnte, habe ich nie daran gedacht, einen solchen als Nervus vasi anzusprechen. Es kommt aber, worauf ich noch besonders aufmerksam machen muss, vor, dass ein Nerv längere Zeit neben einem Gefäss herläuft, ohne ihm einen einzigen Gefässnerven zuzuschicken. Dieser Nerv kann dann in die Haut (wo sich dieses Verhalten besonders an den kleinen Venen sehr häufig findet) oder in einen Muskel gehen und so einen Nervus vasi vortäuschen.

Bei den Hautvenen kommen, ihrem histologischen Bau entsprechend, nur ganz wenige und kurze Aestchen, fast nie ein Nervus vasi proprius vor. Es sind ja längere Zweige auch schon deswegen unnöthig, weil sich ja, wie man bei genauer Präparation sieht, über beide Extremitäten ein dichtes, subcutanes Nervennetz ausbreitet, so dass jeder Punkt der Hautvenen mit Leichtigkeit innervirt werden kann. Zwischen den als typisch geschilderten Hautnerven finden sich noch sehr viele Verbindungen, was auch, wie man später sehen wird, auf die Innervation Einfluss hat.

Die einzige Ausnahme von obigem Gesetz macht der obere Theil der V. cephalica, worüber noch weiter unten gesprochen werden wird.

Bei den Arterien und tiefliegenden Venen finden sich theils kurze Aeste, theils längere, die dann auch als Nervi vasorum proprii auftreten können. (Vide art. ulnaris.) Es kann ein

Gefässnerv mit seinen secundären Aesten Arterie oder Vene oder beide zugleich (was häufiger ist) innerviren.

Die Vertheilung der Nervi vasorum geschieht bei kurzen Aesten meist in einer Ebene, d. h., liegt ein primäres Aestchen auf dem Gefäss, so gehen seine secundären Verzweigungen nicht unter dieses hinunter (Ausnahme Fig. 8). Dies gilt natürlich nur für die letzten Verzweigungen, die man mit dem Scalpell präpariren konnte, und nicht für die mikroskopischen Endigungen, da, wie schon bemerkt, für diesen Theil meiner Arbeit nicht einmal eine Lupe benutzt wurde. Eine eigentliche, das Gefäss umspinnende Plexusbildung habe ich beim Präpariren am Cadaver an der Vena basilica in der Nähe der Ellenbogenbeuge und eine ähnliche Bildung an einem Muskelast der Arteria femoralis gefunden.

Quain-Hoffmann gesteht nur den grösseren Arterien Plexus zu, während er mit den kleineren feine Nervenfädchen verlaufen lässt, sich also sehr reservirt ausdrückt. Denn ob er „gross" relativ oder absolut nehmen will, sagt er nirgends, könnte also der brachialis einen Plexus eben so gut zu- wie aberkennen.

Aus den Angaben von W. Krause muss man entnehmen, das ser der A. brachialis, vielleicht auch der ulnaris und radialis einen Plexus zugesteht. Um so befremdender ist es, dass er oben sagt, dass ein dünnes Stämmchen die A. brachialis begleite und nicht, dass es sich in den die Arterie umspinnenden Plexus einsenke; diese Angabe ist nicht meinem Aufsatz in Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv entnommen.

Ausser der allgemeinen Annahme sprechen sich wie oben bemerkt, noch Führer und Rüdinger für die Existenz eines Plexus aus.

Diesen Angaben muss ich meine Beobachtungen entgegensetzen, wobei ich allerdings gestehe, dass ich beim Präpariren am Cadaver, weil sich hier die Gefässe nicht drehen liessen, oft einige Gefässnerven und somit vielleicht den fraglichen Plexus zerschnitten habe, um einen besonders viel versprechenden Nerven zu verfolgen. Ich sah die Nerven in die Gefässe

sich einsenken, ohne sich mit den naheliegenden zu verbinden. Uebrigens werde ich bei Besprechung der feineren Präparation noch einmal auf diesen Punkt zu sprechen kommen.

Was die Beschaffenheit der Gefässnerven anbetrifft, so unterscheiden sie sich, wie zu erwarten ist, in nichts von anderen, ebenso dünnen Nerven. Lucae hat behauptet, dass sie weicher und gallertartiger seien, als andere Nerven, obwohl seine Zeichnungen ergaben, dass er nicht von sympathischen Nerven redet. Allein das gleiche könnte man von anderen Nerven behaupten, die geschützt liegen, wie z. B. von den Nervenästen am Unterarm.

Um nun auf die Dicke der Gefässnerven zu kommen, so fand ich solche von 1 Mm. Dicke, die 40—50 Primitivfasern zeigten bis zu solchen von 0·012 Mm. Dicke, die nur noch 6—7 aber alles markhaltige Fasern führten. (Vergl. noch den Text zu den Figuren 13—17, der beweist, dass auch die dünnsten (0·012 Mm. Dicke) Nerven als solche sicher (durch's Mikroskop) erkannt wurden.)

Die Länge der Gefässnerven variirt ausserordentlich. Ich habe primäre Stämme bis zu 10 Ctm. lang gefunden, während die secundären Aeste, wie aus den Figuren ersichtlich ist, selten länger wie 4 Ctm. sind.

Gegenüber den Vasa vasorum zeigen die Gefässnerven ein ähnliches Verhalten, wie die in ein Organ eintretenden Nerven und Gefässe. Die Vasa vasorum treten auf dem kürzesten Wege, also an jeder Stelle der Oberfläche an's Gefäss, während die einem Organ bestimmten Nerven meist eine gewisse Strecke neben demselben laufen.

In dem Lagenverhältnisse der Nervi vasorum zu den Gefässen findet keine solche Regelmässigkeit statt, dass man darüber bestimmte Sätze aufstellen könnte. Oft treten sie von hinten, oft von vorn an die Gefässe, worüber in der Erklärung zu den Figuren mehr gesagt werden wird.

Die Nervi vasorum proprii wechseln oft ihre Stellung gegen die Gefässe, indem sie sich bald auf die vordere, bald auf die hintere Seite begeben, dabei oft zwischen Arterie und Vene durchtreten. Es ist geradezu auffallend, wie gegen den

sonstigen Verlauf der Nerven man bei längeren Nervis propriis, deren Länge grade schon an und für sich vor Verwechslung mit den Vasa vasorum schützt, einen gewundenen Verlauf findet, wie aus den Figuren ersichtlich ist.

Auch die Ernährungsgefässe der Nerven zeigten manchmal eine so gewundene Bahn.

Doch kann man so viel sagen, dass bei den subcutanen Venen die Nervi vasorum nur von der Hautseite oder doch wenigstens nicht von unten an die Gefässe treten. (Eine Ausnahme fand ich einmal am Rete nervosum dorsi pedis, wo ein Aestchen von unten her sich in eine Vene einsenkte). Dies geht soweit, dass in einem Fall an der Vena cephalica ein unter ihr liegender Nerv sie nicht von unten versorgte, sondern sich über das Gefäss hinüberbog, um an die der Haut nähere Oberfläche des Gefässes zu gelangen und sich dort zu theilen.

Für die Arterien und tiefliegenden Venen lässt sich kein allgemeiner Satz aufstellen.

Wenn nun für eine genauere Beschreibung der Gefässnerven das Verlangen gestellt werden muss, dass für ein jedes Gefäss und dessen Verzweigungen der Stammnerve angegeben werde, so muss doch in Betreff dieses Postulates bei den Hautvenen zweierlei bemerkt werden: Erstens findet man so genau gezeichnete Hautvenenstämme, wie sie die geläufige Beschreibung aufstellt, nicht immer, so dass es in einem speciellen Falle unmöglich sein kann, eine der Beschreibung entsprechende z. B. Saphena maior (wie Fig. 24 zeigt) nachzuweisen. Die Hautvenen zeigen sich in der feineren Ausbreitung als ein Netz von Gefässen, in dem allerdings der Regel nach der V. cephalica oder basilica entsprechende grössere Aeste gefunden werden, aber die Gebiete der beiden Venen haben keine scharfe Grenze gegen einander. Zweitens sind, wie schon oben gesagt, die Hautnerven auch nicht so einfache Stämme, wie man den gewöhnlichen Beschreibungen nach glauben könnte und zwei oder mehrere von ihnen bilden ein solches Anastomosennetz, dass es ganz unmöglich sein kann, zu entscheiden, von welchen von beiden ein bestimmter Punkt der Vene innervirt wird. (Wie man es sehr schön an der Dorsalseite von Hand und

Fuss sehen kann.) Dass Nerven- und Gefässvarietäten hier noch in's Spiel treten können, braucht kaum mehr erwähnt zu werden.

Doch kann man so viel sagen, dass die subcutanen Venen von den Nerven versorgt werden, durch deren Gebiet sie gerade laufen. Laufen sie auf der Grenze zweier Nerven, so betheiligen sich bald nur einer, bald beide an der Innervation.

Am Oberarm und der inneren Seite des Unterarms laufen die Hautnerven entweder unter den oberflächlichen Venen durch oder doch in einer Ebene mit denselben. Dort sieht man dann die Nervi vasculares sich in das Gefäss einsenken, nachdem sie kürzere oder längere Zeit neben diesem hergelaufen sind, während auf der dorsalen Seite des Unterarms und besonders der Hand die letzten Verzweigungen der sensiblen Nerven über die subcutanen Venen hinlaufen. Bei dieser Anordnung werden die Gefässe dann von oben durch feine Nervenfädchen innervirt, die sich dann meist nicht oder doch wenig theilen.

Auch verdient noch ein Verhältniss Berücksichtigung, das fast nur am Oberschenkel bei fetten Personen schön ausgeprägt gefunden wird. Die in den Lehrbüchern der Anatomie als typisch angeführten Hauptnervenstämme laufen gewöhnlich auf der Fascie unter dem Panniculus adiposus, während, wenn ein Panniculus gut entwickelt ist, die Venen auf einer ziemlich dicken Fettlage laufen. Es müssen also die Nerven, die zur Innervation neben den Gefässen laufen sollen, aus der tiefsten Schicht des Panniculus (Nervenschicht) gewissermaassen aufsteigen, um in die obere (Gefässschicht) zu gelangen. Nie sah ich, wie man etwa erwarten könnte, von den tiefgelegenen Nerven Aeste aufsteigen, um sich gleich in die Gefässe einzusenken, sondern diese wurden immer von den aus der Nervenschicht ausgetretenen Nerven versehen, die sich, nachdem sie einige Zeit neben den Gefässen hingelaufen waren, wieder von ihnen entfernten, um sich im Fett zu verlieren.

Ich werde nun die Gefässe des Armes und des Beines zuerst im Allgemeinen besprechen, hauptsächlich aber die Punkte andeuten, in denen meine Beobachtungen von denen früherer

Untersucher differiren und dann bei Erklärung der Figuren die Innervirung jedes besonderen Gefässabschnittes der Extremitäten erläutern.

Goering giebt an, dass er an der Arteria und Vena brachialis nur Aeste vom N. medianus gefunden habe, ohne anzudeuten, von wo aus die Gefässe oberhalb des Ursprunges des N. medianus aus dem Plexus brachialis innervirt würden. Ich fand oberhalb Aeste aus dem genannten Plexus, unterhalb ausser solchen vom N. medianus auch Aeste vom N. radialis und ulnaris; doch war das Verhalten sehr wechselnd.

Im Betreff des die Arteria nutriens in den humerus begleitenden Nerven, siehe unter „femoralis". Wenn Krause angiebt, dass an die A. axillaris Aeste vom N. musculocutaneus gehen, so kann ich diesem Forscher nicht beistimmen.

Aus der oben erwähnten Arbeit Rüdinger's entnehme ich allerdings nichts Besonderes für das Ellenbogengelenk, allein er giebt doch an, dass dessen Nerven vielfach mit der Arteria brachialis verlaufen, so dass vielleicht manche identisch sein können mit den von mir beschriebenen Nervi vasorum.

Verfolgen wir die Arteria brachialis weiter nach unten, so finden wir, dass Arteria und Vena ulnaris vom Nerv gleichen Namens begleitet und versorgt werden, während der Arteria radialis eine Zeit lang kein Nerv zur Seite geht, der Ramus superficialis N. radialis aber erst später an sie herantritt. Um diese Lücke auszufüllen, begleitet ein vom Nervus medianus kommendes Aestchen die Arterie eine Zeit lang und endete endlich, nachdem es sich durch Innervirung des Gefässes erschöpft hat, auf diesem. Eines Falles von der Radialis muss seiner Eigenthümlichkeit wegen noch Erwähnung gethan werden. Bei einem Individuum nämlich begab sich der Stamm des R. superficialis N. radialis sehr früh an die dorsale Seite des Unterarms, um dort die Haut zu versorgen; das Stück der Arterie nun, das ohne begleitenden Nerv war, wurde nicht etwa durch einen längeren Ast innervirt, der dann dem Gefäss entlang hätte gegen die Handwurzel laufen müssen, sondern ein Zweig vom Hautnerven kommend, durchbohrte die Unterarmfascie, um zur Arterie zu gelangen.

Wenn Goering an der Interossea antica einen Ast vom N. medianus fand, so kann ich ihm für die von mir untersuchten Fälle nicht Recht geben. Immer lieferte der N. interosseus nervi vasorum, die zum Theil sicher auf der Arterie endigten. Dass ich auf der Arteria und Vena perforans tertia der Arteria und Vena interossea Nerven fand, beweist Fig. 20 obigen Aufsatzes, während Goering Nichts gefunden zu haben angiebt.

Gehen wir nun zur A. femoralis über, so muss ich Goering Recht geben, dass der N. cruralis die Arteria und Vena femoralis versorgt. Leider ist mir seine Abhandlung erst dann zu Gesicht gekommen, als ich meine Präparationen am Cadaver schon beendet hatte und nicht mehr Zeit fand, neue Untersuchungen vorzunehmen, und bin ich also nicht in der Lage, dessen Angaben zu prüfen, dass ein vom dritten Lendennerven kommender Ast die Arteria profunda femoris innervire; welchen Zweig er meint, ist allerdings aus seiner Angabe nicht ersichtlich.

Einmal fand ich auch in Uebereinstimmung mit der Angabe von Krause einen Nerven an der Abgangsstelle der A. profunda mit einem Vater'schen Körperchen enden, habe aber später nicht mehr darauf geachtet.

Was nun den Nerven betrifft, der nach Goering mit der Arteria nutriens ossis femoris in den Knochen hineingeht, so fand ich aus schon erwähntem Grunde dies nicht. Allein bei Sappey wird diese Angabe bestätigt, der noch hinzufügt, dass beim Pferde sich am Foramen nutritium ein Ganglion finde, aus dem dann Fäden sich in den Knochen begeben.

Was Goering über die Versorgung der Arteria poplitea sagt, ist durch meine Erfahrungen nicht bestätigt worden. Nie fand ich vom N. obturatorius einen Zweig an dieser Stelle, sondern immer fiel die Innervirung dem N. ischiadicus zu. Auch habe ich in den nachgeschlagenen Büchern nie eine Angabe gefunden, dass der N. obturatorius ausser den Muskeln noch einem anderen Organ (natürlich der Ramus cutaneus ausgenommen) Aeste zuschicke. Auch Rüdinger, der, wie man oben gesehen hat, den Plexus popliteus und dessen Bildung

so genau beschreibt, giebt Nichts der Art an, was er doch gewiss gethan hätte, falls er es gefunden haben würde. Ich glaube mich also bestimmt gegen das regelmässige Vorkommen eines Nervus popliteus proprius (nach Goering) aussprechen zu müssen. Dagegen bestätigt Rüdinger, dass die Arteriae articulares genu Nerven — bei ihm allerdings vom Plexus popliteus stammend — führen, während Goering an alle Arteriae articulares aus seinem Nervus popliteus Zweige gehen sah.

Dieser Nerv versorgt dann auch, wie ich aus Goering's Worten schliessen zu müssen glaube, noch die Theilungsstelle der A. poplitea, während ich hier Nervenäste vom N. tibialis fand.

Ebenso wie Goering fand ich auch an der Tibialis postica und antica Nervi vasorum proprii (in meinem Sinne) aber nicht constant. Dagegen giebt Goering nicht an, dass er auch solche an der A. peronea fand, wie es bei mir in einzelnen Fällen geschah.

Was die obere Extremität anbetrifft, so habe ich bereits in dieser Zeitschrift (siehe oben) eine genaue Detailangabe nebst entsprechenden Figuren veröffentlicht. Bezüglich der letzteren verweise ich auf die gegebenen Zeichnungen. Eine kurze Beschreibung der hierhergehörenden Thatsachen glaube ich aber im Interesse des Zusammenhanges und der Vergleichung der beiden Extremitäten beifügen zu müssen.

Die Vena cephalica wird den allgemeinen Gesetzen gemäss versorgt, nur an ihrem obersten Theile, wo sie zwischen dem Musc. pectoralis und deltoides liegt, weicht ihre Innervation von diesen Regeln ab. Ich fand nämlich nicht etwa Nervi vasorum von den Rami acromiales der oberflächlichen Halsnerven; sondern ein Ast des Nerv. cutan. post. vom radialis durchbohrt die Fascie etwas oberhalb des Austrittes dieses Hautnerven und läuft neben der Vene, ihr Aeste gebend, gegen die Clavicula hinauf.

Die Vena basilica war je nach der Lage der einzelnen Abschnitte des Gefässes theils vom Nervus cutan. int. minor theils vom Nerv. cut. int. maior versorgt.

Kurze Nerven, aus dem Plexus brachialis heraustretend,

versorgen den obersten Theil der Arteria und Vena brachialis, deren unterer Theil vom Nerv. medianus (ziemlich constant mit einem längeren Ast), seltener vom N. ulnaris oder radialis oder allen zusammen innervirt wird.

Die Art. radialis gehört in ihrem obersten Theil dem Nervus medianus, im mittleren und unteren dem Ramus superficialis nerv. radialis an. Hier finden sich meist nur kurze Nervi vasorum.

Dagegen fand sich häufiger vom Nerv. ulnaris herkommend an den gleichnamigen Gefässen ein reiner Gefässnerv. An der Hand liegt für den Arcus arteriosus superficialis die Grenze zwischen den Gebieten des Nerv. medianus und Nerv. ulnaris in der Mitte des vierten Fingers, während der Ramus profundus nervi ulnaris den Arcus arteriosus profundus versorgt.

Gehen wir nun specieller zu den Gefässen der unteren Extremität, zunächst zu den Hautvenen des Oberschenkels über, so finden wir hier einen immer vorkommenden Stamm, die Saphena magna. Nach aussen von ihr geht nun der vom N. crur. kommende Nervus cutaneus medius in viele Aeste gespalten in die Haut, der schon unter dem Ligamentum Ponparti die Fascie durchbohrt; weiter unten tritt der N. cutaneus internus seu saphenus minor in der Mitte des Oberschenkels etwa unter dem Musculus sartorius hervor und durchbohrt hier die Fascia lata, während der Ramus cutaneus nervi obturatorii unter dem Musculus gracilis hervortretend, ebenfalls an die innere Seite des Beines geht. Nach den allgemeinen Gesetzen könnten sich alle drei Nerven an der Versorgung der Vene betheiligen, allein obwohl der Hautast des Nervus obturatorius manchmal so stark werden kann, dass er den internus ganz ersetzt, habe ich doch nie ein Aestchen von ihm an die Vene treten sehen. Da ich auch vom N. ileo-inguinalis, ileo-hypogastricus, spermaticus ext. und inguinalis nie Nervi vasorum an die Saphena gehen sah, was allerdings bei der Feinheit dieser Nerven hätte geschehen können, welches Aestchen mir dann entgangen sein mag, so bleiben uns noch für den oberen Theil des Gefässes der N. cutaneus medius, für den unteren bis zur Kniegegend hin der N. cutaneus internus. Es zeigten sich nun meist längere Aeste, die,

neben der Saphena hinlaufend, ihr die primären nervi vasorum abgaben, um nach einiger Zeit sich dann wieder von der Vene zu entfernen und sich im Fett des panniculus zu verlieren. Der neben ihr laufende Ast des Nervus cutaneus medius ging bald an ihrer äusseren, bald an ihrer inneren Seite nach unten, einmal sogar unter ihr und doch gingen auch in diesem Fall die Nervi vasorum in die Höhe, um sich seitlich oder von der Hautseite her in sie einzusenken.

Einmal lieferte der Cutaneus medius einen Ast, der nach aussen von der Saphena ihr Aeste abgebend gegen das Knie hinunterlief, während auf der inneren Seite sich noch ein Zweig vom Cut. internus fand, der ihr ebenfalls Nervi vasorum zuschickte.

Man sieht daraus, dass die Grenzen zwischen den Innervationsgebieten des medius und internus nicht so streng abgetheilt sind, wie auch ein Fall beweist, wo der Gefässnerv schon hoch oben in der Gegend der Symphysis pubis die Fascia lata durchbohrte, um dann an die Vene zu treten, während sich doch bei genauer Präparation zeigte, dass er aus dem Bündel des Cutaneus internus stammte. Auch kann der von diesem herkommende Zweig nach aussen von der Vene laufen, so dass auch in verticaler Richtung diese nicht etwa die Gebiete beider Nerven trennt.

Fig. 1. Vordere Seite des Oberschenkels. *A* Gegend der Crista ant. sup. ossis ilei, *B* Gegend der Symphysis pubis, *c* Patella, *d* Saphena magna, die sich hier in die Vena femoralis einsenkt, *e* Nerv, der aus dem Bündel des Nervus cutaneus medius femoris vom Nervus cruralis stammend in zwei Aeste getheilt das Gefäss versorgt. Der Hauptstamm geht unter dem Gefäss durch an dessen äussere Seite und verliert sich bei *f* und *g* im Fettgewebe.

Fig. 2. Vordere Seite des Oberschenkels. *a* Gegend der Crista ant. sup. ossis ilei, *b* Gegend der Symphysis pubis, *c* Patella, *d* Vena saphena magna, die sich bei *e* in die Vena femoralis ergiesst, *f* Ast vom N. cutan. medius, der sich bei *g* im Fette verliert, *h* Ast vom cutaneus internus, der hier aus der Fascie hervorkommt, neben der Vene hinunterläuft, ihr Nervi vasorum gebend, und bei *i* im Fett verläuft.

Fig. 3. Stück aus der Vena saphena magna in der Kniegegend, das sehr schön die Vertheilung zweier Nervi vasorum zeigt. *a* Vene

b Nervenstamm (Theil des Cut. medius), *c* Nervus vasi, der sich bei *d* ins Gefäss einsenkt, bei *e* auf dem Gefäss abgeschnitten wurde, bei *f* in den panniculus geht, *g* zweiter Nervus vasi, der mit den Aesten *h k o i* ins Fett geht, während der Zweig *e* sich theilt, mit dem Stämmchen *m* dem Gefäss folgt, (das leider wie die Hauptvene beim Herausnehmen abgeschnitten wurde, da dies Stück nicht am Cadaver präparirt worden ist) und mit dem Zweigchen *n* das Gefäss innervirt.

Am Unterschenkel versorgt die Vena saphena magna der sie begleitende Nervus saphenus maior und zwar mit Aesten von verschiedener Länge, welcher Nerv allerdings gewöhnlich mit der Art. articularis genu superficialis verlaufend in der Kniegegend an die Haut tritt, der aber auch wie Fig. 24 zeigt den Musculus vastus externus durchbohren kann.

Fig. 4. Innere Seite des Unterschenkels. *a* Patella, *b* Malleolus externus, *c* Musculus rectus femoris, *d* Musculus vastus internus, *e* Vena saphena magna, die sich in drei Zweige theilt, wovon der hinterste sich bei *f* in eine tiefere unter der Fascie gelegene Vene einsenkt, während die beiden anderen sich bei *g* wieder zu einem Stamm vereinigen, den man nach seinem Verhalten auf dem Fussrücken als Vena saphena magna bezeichnen muss, *h* Nervus cutaneus femoris internus, der bei *i* die Vene innervirt, um sich bei *k* und *l* im Fett zu verlieren, nachdem er unter dem vorderen der beiden Gefässe (von ihr durch Fettgewebe getrennt) hindurchgetreten ist, *m* Theil des Nervus saphenus maior, der bei *n* aus der Substanz des Musculus vastus internus hervortritt, um mit der vordersten Vene, sie innervirend, gegen den Fuss hinunter zu laufen und sich bei *o* im Fett zu verlieren, während dies der obere Ast schon bei *s* thut, *p* anderer Stamm des gleichen Nerven, der den gewöhnlichen Weg gemacht hat und hier, nachdem er früher direct auf der Fascie verlaufen, aus dem Fett empor tritt und ohne dem mittleren Ast Nerven zu geben (vielleicht sind einige abgeschnitten worden) bei *q* sie innervirt, nachdem er schon weiter oben unter sie getreten ist. Vom Punkt *r* bis *f* wurde kein begleitender Nerv an der Vene gefunden und auch kein Nervus vasorum.

Fig. 5. Ansicht des am Punkt *q* aus der obigen Vene ausgeschnittenen Stückes von der fascialen Seite her mit der ihr zugehörigen Nervenvertheilung.

Die Vena saphena minor wird vom Nervus suralis magnus begleitet und im unteren Theil immer von ihm versorgt, während der obere Theil, wenn dieser Nerv etwa sehr weit unten die Fascie durchbohrt, vom Nervus cutaneus posterior innervirt wird wie in Fig. 26.

Fig. 6. Der Unterschenkel von hinten. *a* Vena saphena minor, *b* Cutan. femoris post., der den oberen Theil des Gefässes innervirt und sich mit den Aesten *ef* im Fette verliert, *c* Nervus suralis magnus, dem die Versorgung des unteren Theils der Vene zufällt.

Die innige Verflechtung der drei es constituirenden Nerven erlaubt es beim Rete nervosum dorsi pedis nicht, die Versorgung des Rete venosum genauer anzugeben. Der äussere Theil des Venennetzes gehört eben in's Gebiet des N. suralis magnus, der innere in das des N. saphenus maior, während der obere und mittlere Theil der Endausbreitung des N. peroneus superficialis zufällt. Einmal fand ich hier einen Nervus vasorum der von der fascialen Seite an seine Vene ging, während alle andern (allerdings habe ich wenige gefunden) von der Hautseite her in die Gefässe eindrangen.

Gehen wir nun zu den Arterien und tiefliegenden Venen des Beines über, so umspinnt die iliaca ein dichtes Nervengeflecht, das mit dem Plexus aorticus abdominalis in engstem Zusammenhang steht. Ebenso besitzt die Arteria hypogastrica einen besonderen plexus, der sich wahrscheinlich auch auf deren dem Bein angehörige Aeste erstrecken wird. An den Artt. und Venae gluteae habe ich nie Nervi vasorum finden können (auch Goering erwähnt nichts darüber). Ebenso erging es mir mit der Art. obturatoria, die wohl in das Gebiet des Nervus obturatorius gehören wird.

Die Arteria und Vena cruralis wird im oberen Theil, wie auch Goering angiebt, mit kurzen Aesten von hinten her versorgt, die aus dem unter dem Ligamentum Pouparti schnell auseinanderfahrenden Nervus cruralis stammen. Ein Ast kann beide Gefässe innerviren oder er beschränkt sich auf das eine. Der untere Theil der Femoralis wird von Aesten innervirt, die theils aus den länger mit den Gefässen gehenden, den Muskeln bestimmten Nerven stammten, theils aus dem Nervus saphenus major (wie auch Goering angiebt). Am Adductorenschlitz hörte manchmal das Innervationsgebiet des Nervus cruralis auf, manchmal gingen noch Aeste weiter hinunter bis in die Mitte der Kniekehle. Einige Male fand ich besondere Nervenstämmchen, die neben oder unter den Gefässen liegend, zwischen

Arterie und Vene gegen den Adductorenschlitz hinunterliefen, indem sie ihnen reichlich Nervi vasorum zuschickten, sich dann aber meist dem Stamm des N. saphenus maior anschlossen. Bei diesen Aesten fand sich dann oft eine Lageveränderung den Gefässen gegenüber, wie ich schon oben angeführt habe.

Die Arterien für die Muskeln werden ebenfalls vom cruralis versorgt. Besonders bei der Art. profunda femoris fand sich oft ein längerer Stamm, der dann, wie auch Goering angiebt weiter mit ihr verlief und ihr bald von hinten bald von vorn her Nervi vasorum zuschickte. Vom Nervus ischiadicus sah ich nie solche an die Rami perforantes der profunda gehen.

An den Artt. circumflexae femoris konnte ich ebensowenig wie Goering Gefässnerven entdecken.

Fig. 7. *a* Lendenwirbelsäule, *b* Crista superior anterior ossis ilei, *c* Symphysengegend, *d* Stück der Bauchhaut, *e* Musculus iliacus, *f* Musculus psoas, *g* Musculus sartorius, *h* oberer, *i* unterer Theil des rectus, *k* Musculus tensor fasciae latae, *l* Vastus medius, *m* Vastus externus, *n* Vastus internus, *o* Musculus pectineus, *p* Musculus adductor longus, *q* Musculus adductor magnus, *r* Musculus gracilis, *s* Arteria u. vena femoralis, *t* Arteria profunda femoris, *u* Nervus cruralis, der bei *v* Aeste in die A. femoralis von unten her schickt, *w* längerer Ast, der bei *y* abgeschnitten wurde, *z* Ast in die Art. und Vena profunda von oben her.

Fig. 8. Stück aus der Vena femoralis von hinten her gesehen. *a* Vene, *b* Gefässnerv, der sich, nur die Vene innervirend, bei *c d* u. *e* in's Gefäss von hinten her einsenkt, mit dem Zweige *f* sich nach vorn wendet, und endet, indem er sich um die Vene *g*, die aus einem Muskel kommt, herumdreht.

Fig. 9. Muskeläste der Art. und Vena femoralis in den Vastus externus und rectus. *a* Arterie, *b* Vene, *c* Nerv, der sich bei *d* mit einem anderen Nerven verbindet, der auch vom N. cruralis gekommen ist, aber aus einem anderen Bündel als *c*, der sich dann in die Aeste *e f g* theilt, die mit den Gefässen in die Muskeln eindringen. Hierbei sah ich gar keine Nervi vasorum entstehen.

Die Arteria poplitea wird vom tibialis versorgt und zwar mit sehr vielen Aesten, die bald von hinten, bald von vorn an sie herantreten.

Fig. 10. Vena und Arteria poplitea von hinten. *a* Arterie, *b* Vene, *c* Nerv, der einen Ast abschickt, der sich theils bei *d* in's Gefäss einsenkt, theils mit *e* u. *f*, der Art. und Vena articularis genu

media in's Gelenk geht, theils bei *g* sich auf dem Gefäss verlor und dessen Fortsetzung nicht mehr zu finden war.

An der hinteren Seite des Unterschenkels findet sich für die beiden Arterien nur ein Nerv, der tibialis; für die Arteria und Vena tibialis finden sich meist kurze Nerven, die aus dem Hauptstamm oder aus Muskelästen entspringen und sich meist von hinten her in die Gefässe einsenken, oder es findet sich, wie Fig. 1 zeigt, ein längerer Nervus vasi proprius. Die A. peronea versorgt im oberen Drittheil der Nervus tibialis mit kurzen Zweigen; im unteren Theil fand ich zweimal einen eigenen Gefässnerven. Einmal begab sich ein Ast in halber Höhe des Unterschenkels an die Gefässe von aussen her kommend, trat dann zwischen Arterie und Vene durch auf ihre innere hintere Seite, und lief in dieser Stellung bis gegen die Malleolengegend hinunter, wobei er den Muskelästen Zweige abgab und endlich im Bindegewebe um die Gefässe sich verlor, so dass es nicht festzustellen war, ob er sich in die Gefässe direct einsenkte.

Am Fusse habe ich sehr wenige Nervi vasorum gefunden. Am Arcus plantaris superficialis fand ich nie einen Gefässnerven, da er gewöhnlich sehr wenig entwickelt ist und das viele Fett in der Fusssohle die Präparation unmöglich macht.

Am Arcus plantaris profundus fand ich auch nur wenige Nerven, die von der Hautseite her eintrafen, so dass ich aus ihrer Anordnung nur mit Wahrscheinlichkeit entnehmen konnte, dass die Verhältnisse denen an der Hand analog sind, d. h. soweit das Gebiet eines Nerven reicht, versorgt er auch die Gefässe, und es findet sich also die Grenze zwischen dem Plantaris externus und internus in der Mitte der vierten Zehe. Ich bin auch nicht im Stande, eine genügende Figur über die Innervationsverhältnisse zu liefern und muss auch in dieser Beziehung auf deren Beschreibung und Zeichnung an der Hand verweisen.

Fig. 11. Hintere Seite des Unterschenkels. *a* Condylus internus ossis femoris, *b* Condylus enternus ossis femoris, *c* Calx, *d* Musculus semimembranosus, *e* Musculus biceps femoris, *f* Caput inter. musculi gastrocnemii, *g* Caput exter. musculi gastrocnemii, *h* musculus popliteus, *i* Portio tibialis musculi solei, *k* Portio fibularis musculi solei,

l Musculus digitalis communis longus, *m* Musculus flexor hallucis longus, *n* Musculus peroneus brevis, *o* Musculus peroneus longus, *p* Musculus tibialis posticus, *q* Arteria poplitea, die sich bei *r* in die Tibialis postica und *s* peronea spaltet, *t* Nervus tibialis, der oben die kurzen Nervi vasorum *n* u. *u* abgiebt unten, *v*, einen langen Ast, der auf der hintern Seite der Arterie hinunterlaufend auf ihr endigt; *w* kurzer Nervus vasi vom N. tibialis an die A. peronea, *x* längerer Ast, der nach aussen an die Arterie geht, dann hinter beiden durch an ihre innere Seite tritt, um unter ihnen hergehend, zwischen Arterie und Vene durch, an die äussere hintere Seite zu gelangen. Bei *y* ist er durchgeschnitten worden, und seine Fortsetzung war nicht mehr aufzufinden. Die Aeste *z*, *α*, *β*, *γ*, senken sich in die Gefässe ein.

Die Arteria tibialis antica wird von vielen kleinen Aesten versorgt, zweimal fand ich auch einen längeren Nervenstamm vide Fig. 12 und 13, und zwar senkten sich die Nervi vasorum meist von vorn her ein. An der Arteria metatarsea fand ich einmal vom Nervus peroneus herkommend ein kurzes Aestchen von der Seite her in das Gefäss eindringend. Sonst ist es mir nicht gelungen, Nervi vasorum auf dem Fussrücken darzustellen.

Fig. 12. Vordere Seite des Unterschenkels. *a* Patella mit dem Ligamentum patellae, *b* Fibula, *c* äusserer Knöchel, *d* innerer Knöchel, *e* ein Schenkel des Ligamentum cruciatum, *f* Sehne des Musculus sartorius, *g* M. gemellus surae, *h* M. soleus, *i* M. peroneus longus, *k* M. peroneus brevis, *l* M. extensor digitorum communis longus, *m* M. extensor hallucis longus, *n* M. tibialis anticus, *o* Arteria und Vena tibialis antica, *p* Nervus peroneus, der mit dem Zweige *q* theils in's Gefäss, theils in den Musculus tibialis anticus geht, mit dem Zweig *r* in's Gefäss und mit dem Zweig *s* auf ihnen nach unten läuft, indem er theils den Muskel versorgt, theils bei *t* auf der tibialis endet, d. h. in ihrer Wandung.

Fig. 13. Unterer Theil der Arteria und Vena tibialis antica von vorn: *a* Arterie, *b* Vene, *c* Gefässnerv, der mit dem Zweige *d* sich von oben in's Gefäss einsenkt, dann unter die Gefässe tritt, diese von unten versorgt und endlich in ihren Wandungen endet.

Nachdem ich die Bahnen und das Verhalten der Gefässnerven am Cadaver studirt hatte, versuchte ich auch ihre Endigung mit dem Mikroskop ausfindig zu machen. Zu diesem Behufe präparirte ich nun solche Gefässstücke auf dem Pechteller, an denen ich schon makroskopisch Gefässnerven nachgewiesen hatte. Um nun aber sicher zu sein, nur solche Stücke

aus der Arterienwand herauszuschneiden, in die sich makroskopisch erwiesene Nervi vasorum einsenkten, schnitt ich aus deren Continuität Stücke aus, die ich nach Färbung in ammoniakalischem Karmin und Aufhellung in Essigsäure (oder in salzsaurem Glycerin) unter dem Mikroskop untersuchte. Denn bei so feinen Nervenfädchen muss ich nach meinen Erfahrungen gestehen, ist die sichere Diagnose ohne das Mikroskop unmöglich und ich muss zugeben, dass ich mich auch einige Male getäuscht habe. Gerade bei diesen feineren Nerven fand ich immer im Bindegewebe neben ihnen Gefässe verlaufen, was die sichere Diagnose natürlich noch erschwerte.

Bei diesen Untersuchungen nun wäre es zu erwarten gewesen, dass ich einen Plexus um die Gefässe finden würde, will es aber dem Leser überlassen, die Fig. 14—16 zu deuten. Auch habe ich einige Messungen über die Dicke der Nervi vasorum angestellt, wie aus dem Text zu obigen Figuren zu ersehen ist.

Es muss noch bemerkt werden, dass ich auch in den dünnsten Stämmchen nur markhaltige Fasern fand, die sich manchmal durch die Dicke ihrer Scheide auszeichneten. An einzelnen Stämmen habe ich auch die Zahl der Primitivfasern gezählt. (Siehe im Text zu den Figuren.) Bei den Figuren wird man Stellen angegeben finden mit der Bemerkung „sicherer Nerv“.

Diese Stellen sind unter dem Mikroskop untersucht worden und mikroskopisch sicher als Nerven erkannt worden. Wo angegeben ist, dass sich die Nerven in's Gefäss einsenken, ist das Stück aus der Wandung herausgeschnitten worden, um nach später auszugebenden Methoden auf die Endigung der Nervi vasorum untersucht zu werden.

Fig. 14. Stück aus der Arteria und Vena tibialis postica, *a* Arterie, *b* Vene, *c* Nerv, der nach unten über das Gefäss hinläuft und einen Nervus vasorum abgiebt. Stück *a—b* sicherer Nerv, Stück *c—d* sicherer Nerv, Stück *e—f* zweifelhaftes Bündel, das sich bei *e* in's Gefäss einsenkt, Stück *g—h* sicherer Nerv, der sich bei *n* in's Gefäss einsenkte, Stück *i—k* sicherer Nerv, der abgeschnitten wurde als ich das Gefässbündel aus dem Cadaver entfernte.

Fig. 15. Stück aus den gleichen Gefässen; *a—b* sicherer Nerv, der sich weiter unten spaltet, ein recurrirendes Aestchen abgiebt und

mit seinem Ende unter das kleinere Gefäss (Muskelast) geht, um sich auf ihm zu verlieren. Stück *a—b* sicherer Nerv, Stück *e—f* sicherer Nerv, 16 markhaltige Primitivfasern enthaltend, Dicke = 0·03 Mm. Stück *c—d* sicherer Nerv, der sich in die Gefässwand einsenkt, 6 markhaltige Primitivfasern enthaltend, Dicke = 0·012 Mm. Stück *g—h* sicherer Nerv, der sich im Gefäss verliert.

Fig. 16. Arteria und Vena femoralis. Die Vene lag auf der Arterie und ist so herumgeklappt worden, dass man ihre hintere Seite sieht, und so weit von der Arterie entfernt festgesteckt worden, dass das zwischen beiden Gefässen sich findende Bindegewebe stark gespannt ist. Stück *a—b* sicherer Nerv, dreizehn Primitivfasern enthaltend, Stück *c—d* sicherer Nerv mit sieben Primitivfasern (Dicke 0·012 Mm.), der sich mehrfach theilt, bei *e* im Bindegewebe abgeschnitten wurde. Stück *e—f* sicherer Nerv, Stück *g—h* ebenso bei *m* sich in's Gefäss einsenkend, Stück *i—k* nicht sicher ob Nerv oder nicht, bei *n* sich in's Gefäss einsenkend, Stück *o—p* sicherer Nerv, der bei *q* im Bindegewebe endet (abgeschnitten).

Fig. 17. *a* Arteria femoralis, *b* Vena femoralis, *c* Nervus saphenus maior, neben den Gefässen laufend. Beide Enden sind mit Haken stark abgezogen. Ein Gefässnerv theilt sich in zwei Partien, wovon die obere von *d—e* und *f—g* als sicherer Nerv erkannt sich bei *h* in's Gefäss einsenkt; das untere Aestchen verlor sich im Adventitialgewebe, Stück *i—k* sicherer Nerv, Stück *n—o* ebenso. Aus der plexusartigen Anordnung ergiebt sich ein Nerv, der bei *q* mit dem Gefäss abgeschnitten worden war, *l—m* sicherer Nerv, *n—o* ebenso. Bei *p* und *s* senken sich zwei Stämme in's Gefäss ein, *r* verliert sich im Adventitialgewebe.

Wenn ich nun in Kürze auch noch auf die histologischen Verhältnisse der Gefässnerven eingehe, so geschieht das nur, um einmal alles über dieselben in anatomischer Hinsicht Bekannte zusammenzufassen.

Während Kölliker in seiner Gewebelehre S. 584 nur berichtet, dass beim Frosche die Gefässnerven, marklose, blasse Fasern, an gewissen Stellen in der Gefässwand Netze bilden, führt Arnold in Stricker's Gewebelehre (Bd. I S. 142) drei Netze von Gefässnerven an. In der Adventitia findet sich der Grundplexus, der stellenweise Ganglienzellen führt; das intermediäre Netz liegt den Muskelschichten direct auf oder zwischen solchen, und zwischen den contractilen Faserzellen findet sich der feinste Plexus, der intramusculäre, aus dem dann feine Fädchen in die Kerne der Zellenkörper treten sollen.

Dieser Auffassung tritt Frey in seiner Histologie S. 335 entgegen, der nur ein feines Nervennetz in der Gefässwandung sah.

Zu gleichen Resultaten gelangte Klein. (Quart. Journ. of mikrosc. science 1872 pag. 123. Auch His (Virchow's Archiv Band XXVIII S. 427) sah nur ein Netzwerk von Nerven an den Mesenterialgefässen in den tiefsten Schichten der Adventitia und der Muscularis.

Vergleiche noch Beale: the nerves of capillary vessels and their probable action in health and disease. Monthly microscop. journal VII pag. 4—9 und Part II Volum VIII pag. 55—66.

Beale: Philosophical Transactions for the year 1863 Part II pag. 562.

Lavdowski: Medicinisches Centralblatt Nr. 17 S. 259.

W. Tomsa: Centralblatt 69 S. 562, sowie dessen Beiträge zur Anatomie und Physiologie der menschlichen Haut. Prag 1873. S. 55.

J. Kessel: Stricker's Histologie S. 853.

Gimbert: Mémoire sur la structure et la texture des artères im: Journal de l'anatomie et de la physiologie normales et pathologiques de Charles Robin 1865, November- und Decembernummern; — der Nerven an menschlichen Gefässen beobachtete.

Wenn ich nun auch noch einzelne mikroskopischen Schnitte habe abzeichnen lassen, obgleich sie keine neuen Thatsachen liefern, so war der wesentliche Zweck der Mittheilung, zu beweisen, dass die makroskopisch verfolgten Nerven auch mikroskopisch als solche nachzuweisen waren. Die angewendeten Methoden waren folgende: Ich legte die herausgeschnittenen Stücke der Gefässwandung in Goldchloridlösung [1 : 1000] und stellte sie, bis sie strohgelb geworden waren, in's Dunkle [3—24 Stunden]. Dann brachte ich sie in destillirtes Wasser, dem ein Tropfen Essigsäure zugesetzt war, und setzte sie dem Lichte aus, bis sie sich violett gefärbt hatten, was ein bis mehrere Tage dauerte.







W. Grohmann sc.

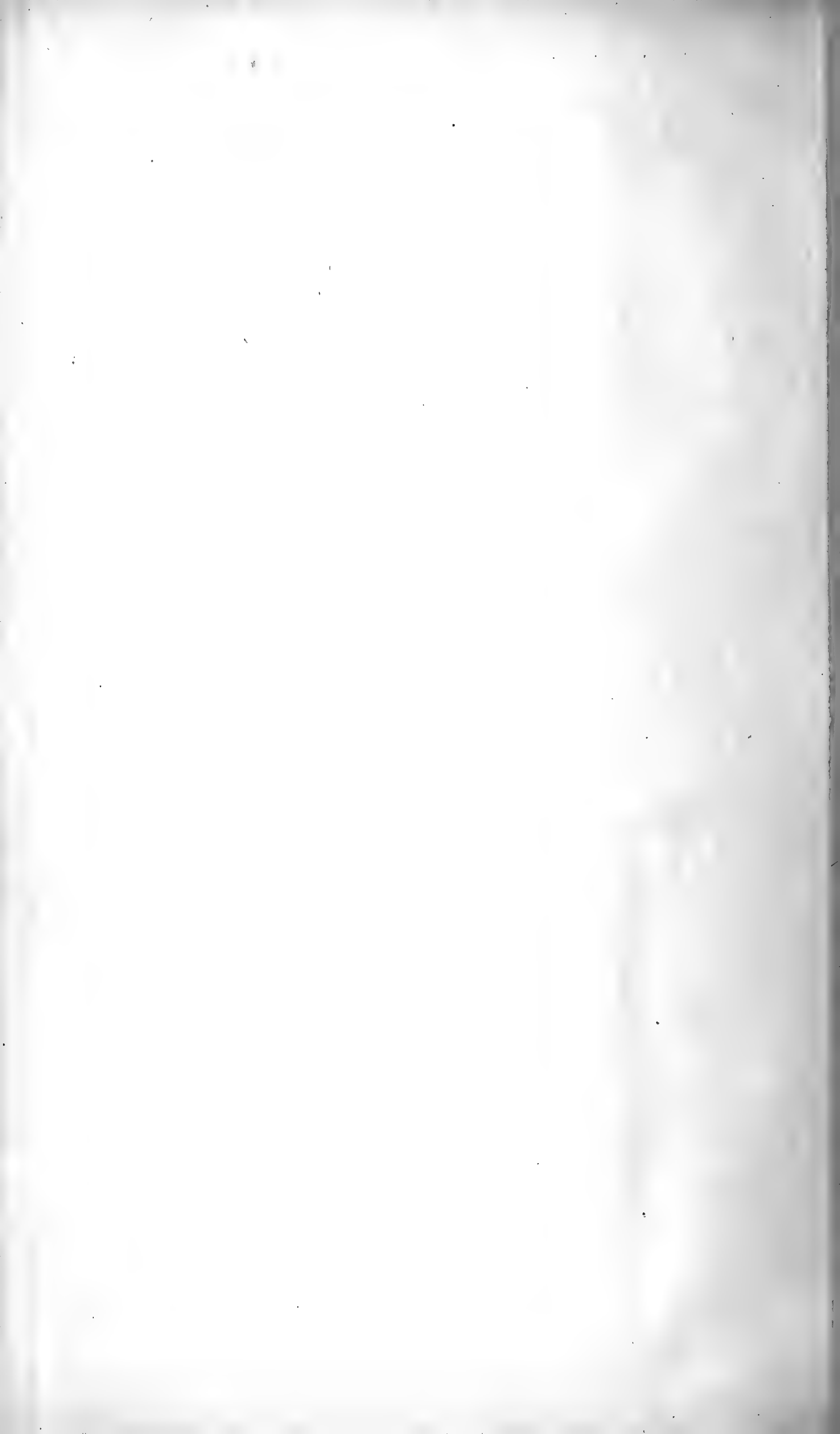


Fig. 18. Stück aus einer Vene. [Combinationspräparat. — Je ein Dritttheil gehört einem anderen Präparate an.] Es fanden sich von der gleichen Vene noch mehrere Schnitte, die aber den Verlauf der Nerven nicht so gut zeigten. Die Adventitia geht von *a*—*b*, die Muscularis geht von *b*—*c*. Die Nerven *d* und *e* laufen nur in der Adventitia, ohne sich in die Muscularis einzusenken. *d* verzweigt sich in der Adventitia noch. Die Nerven *f f f* gehen von der Grenze zwischen Adventitia und Muscularis in schräger Richtung in der letzteren gegen die Intima hin und endigen scheinbar ungefähr in der Mitte der Media, und zwar werden sie auf diesem Wege nicht etwa immer dünner, sondern zeigen in Mitte der Muscularis die gleiche Dicke wie an der Grenze dieser und der Adventitia.

Fig. 19. Stück aus einer Arterie. Auch bei diesem Präparate wurden noch mehrere ähnliche gefunden, die die gleichen Verhältnisse wie Fig. 19 zeigen. Die Adventitia geht von *a*—*b*, die Muscularis geht von *b*—*c*. Die Intima war in diesem Präparate nicht erhalten. In der Adventitia zeigen sich nun Nerven *d* und *e*, die untereinander Anastomosen eingehen. Während aber der Verbreitungsbezirk von *d* auf die Adventitia beschränkt ist, schickt *e* einen Nerv gegen die Muscularis hin, der bei *f* zwischen zwei Muskelbündel eindringt. Nerv *g* tritt in unveränderter Dicke durch die Adventitia hindurch und überschreitet ebenfalls die Grenze zwischen Adventitia und Media, während *h* an ihr endet und nicht mehr in die Muscularis zu verfolgen ist.

Fig. 20. Schnitt parallel der Oberfläche einer Arterie. *a* Adventitia; *b* Grenze zwischen Adventitia und Media, zwischen den Muskelbündeln der Media sieht man nur *e* und *d* Nerven in gestrecktem Verlauf, die sich untereinander nicht verbinden.

Ich kann also mit meinen Präparaten erweisen, dass Nerven in unveränderter Dicke in der Muscularis verlaufen, habe aber keine solchen Schnitte erhalten, die mir die Plexusbildung und das Ende der Nerven gezeigt hätten.

Endlich habe ich immer nur markhaltige Fasern, keine marklosen mikroskopisch in der Gefässwand verlaufen sehen, kann also anderen Angaben darüber nicht zustimmen.

Zum Schluss bleibt mir noch übrig, meinen Dank Hrn. Prof. Dr. Waldeyer auszusprechen, für die vielfältige Unterstützung, die er mir sowohl beim Durchsuchen der Literatur als auch bei meinen Arbeiten hat zu Theil werden lassen.

Untersuchungen über das Gehirn.
Neue Folge.

Von

Dr. Eduard Hitzig,
Professor in Zürich.

IV.
Ueber die Einwände des Hrn. Professor Goltz in Strassburg.

Exstirpationsversuche am Grosshirn des Hundes lieferten das thatsächliche Material zu einer Arbeit [1]), mit der Goltz die von mir geäusserten Anschauungen über die Functionen dieses Organes widerlegt zu haben glaubt. Analoge Versuche, den von mir sogenannten Gyrus *e* betreffend, hatte ich selbst bereits im Verein mit Hrn. Fritsch [2]) in geringer Zahl angestellt, später aber in systematischer Weise auf die ganze Convexität des Grosshirns auszudehnen begonnen. Aus der letzteren Versuchsreihe sind Beobachtungen [3]), durch die ich „den letzten und nicht mehr anzufechtenden Beweis für die Localisation im Grosshirn gegeben“ zu haben glaubte, publicirt worden. Leider haben mir äussere Verhältnisse nicht gestattet, diese Versuche derart zu fördern, dass ich aus ihrer immerhin grossen Zahl

---

1) Ueber die Verrichtungen des Grosshirns. Pflüger's Archiv u. s. w. Bd. XIII.

2) Untersuchungen über das Gehirn. Berlin 1874. S. 28 ff. — Alle Citate, bei denen nicht ausdrücklich Anderes gesagt ist, sind nach diesem Buche.

3) Untersuchungen u. s. w. S. 271. — Untersuchungen u. s. w. Neue Folge II. Dies Archiv 1874.

schon jetzt dem Leser ein weiterreichendes, abgeschlossenes und mit der erforderlichen Beweiskraft ausgerüstetes Ganze vorzulegen vermöchte.

Aehuliche Versuche sind ferner von Nothnagel[1]), Carville und Duret[2]), Schiff[3]), L. Hermann[4]) und endlich von Soltmann[5]) ausgeführt worden[6]).

Die Resultate meiner eigenen Untersuchungen haben durch die Arbeiten der genannten Forscher unter gelegentlicher Anwendung anderer Methoden manche Erweiterung erfahren. Ich muss mir nun vorbehalten, den mannichfachen hier angeregten Fragen dann *in extenso* näher zu treten, wenn ich das erforderliche Material beisammen haben werde,

---

1) Virchow's Archiv Bd. 57.
2) Archives de physiol. 1875.
3) Archiv für exp. Path. Bd. 3.
4) Pflügers Archiv Bd. X.
5) Jahrb. für Kinderheilk. N. F. Bd. IX.
6) Goltz citirt ferner einen Aufsatz von Bouillaud in Magendie's Journal T. X. sowie einige Beobachtungen von Vulpian in seinen Leçons sur la physiol. etc. Paris 1866. Ich habe diese beiden Arbeiten bei Abfassung meiner bezüglichen Abhandlungen nicht gekannt. Hätte ich sie jedoch gekannt, so weiss ich nicht, ob ich sie angeführt haben würde; denn sie stehen mit dem, was ich beweisen wollte, kaum in Connex. Bouillaud stiess ein Glüheisen von der Seite her durch Trepanlöcher in jede der beiden Hemisphären. Welche Zerstörungen es anrichtete, giebt er nicht an. Vulpian legte bei zwei Hunden Frontalschnitte durch die Hemisphäre und zwar möglichst vor dem Corp. striat., einem dritten Hunde nahm er ca. 1 Cc. Hirnmasse, und einem vierten durchwühlte er das Hirn mit einer Klinge. Beide Forscher sahen nachher die vielbesprochenen Motilitätsstörungen eintreten.

Goltz hat von seinem Standpunkte des Nicht-localisirens freilich ganz recht, wenn er sich auf diese Arbeiten bezieht. Da ich hingegen lediglich auf das Localisiren ausging, Lähmungserscheinungen nach Hirnverletzung sonst ja weder beim Menschen noch beim Thiere (vgl. z. B. Schiff) etwas Neues waren, und da von Localisation in den angeführten Arbeiten sogut wie gar nicht die Rede war, so sehe ich nicht recht, in welche Beziehung ich dieselben zu meinen Bestrebungen hätte bringen können. Das Auftreten mit dem Fussrücken an und für sich ist ja etwas ganz Nebensächliches.

und insbesondere auch zu zeigen, in wie weit das rein Thatsächliche meiner eigenen Erfahrungen die Angaben anderer Autoren deckt. Für den Augenblick beschränke ich meine Aufgabe auf die Erörterung der Frage, ob Goltz durch die angeführte Arbeit wirklich den Nachweis geführt hat, dass die von mir ausgesprochenen Ansichten über die Functionen der Grosshirnrinde irrig sind, und bei dieser Erörterung werde ich vorzugsweise die Störungen der Bewegung berücksichtigen.

Meine Ansicht über das, was durch meine und andere Versuche am Grosshirn bewiesen ist, habe ich sehr oft in einer, wie ich glaube, ganz klaren und nicht misszuverstehenden Form ausgesprochen. Es soll mich aber nicht verdriessen, eine oft citirte Stelle heut noch einmal anzuführen:

„Wir hatten nicht ohne Absicht gerade an den Schluss unserer Arbeit folgenden Satz gestellt:

„„Es geht ferner aus der Summe aller unserer Versuche hervor, dass keineswegs, wie Flourens und die Meisten nach ihm meinten, die Seele eine Art Gesammtfunction der Gesammtheit des Grosshirns ist, deren Ausdruck man wohl im Ganzen, aber nicht in seinen einzelnen Theilen durch mechanische Mittel aufzuheben vermag, sondern dass vielmehr sicher einzelne seelische Functionen, wahrscheinlich alle, zu ihrem Eintritt in die Materie oder zur Entstehung aus derselben auf circumscripte Centra der Grosshirnrinde angewiesen sind.““

Denn in der That folgt die Wahrheit dieses Satzes mit aller wünschenswerthen logischen Schärfe aus unseren Versuchen, und wir betrachten diese Wahrheit als die werthvollste Errungenschaft unserer Arbeit.

Wenn Reizung bestimmter Stellen bestimmte Muskeln in Bewegung setzt, und Zerstörung dieser Stellen die Innervation derselben Muskeln alterirt, wenn Reizung und Zerstörung anderer Stellen ganz und gar keinen Einfluss auf die Muskelinnervation ausübt, so scheint mir das hinreichend beweisend zu sein für den Satz, dass die einzelnen Theile des Gross-

hirns nicht gleichwerthig sind; und diesen Satz wollten wir beweisen [1])".

Goltz ist zunächst bei seinen Versuchen und sodann folgerecht bei seinen Schlüssen zu anderen Resultaten gelangt. Es liegt mir vor allem ob, die Ursachen der Meinungsverschiedenheit, was die Thatsachen angeht, in unzweideutiger Weise aufzuklären. Vielleicht wäre es sogar richtiger gewesen, wenn schon Goltz selbst diese Aufklärung beizubringen versucht hätte.

Im Gegensatz zu dem Inhalte der soeben aus meinem Buche citirten Stelle schreibt Goltz: „Wir werden sehen, dass der Grad der Störungen im Allgemeinen gleichen Schritt hält mit der Grösse des Substanzverlustes. Dagegen ist der Ort des Substanzverlustes, soweit bis jetzt meine Untersuchungen gediehen sind, von keinem entscheidenden Einfluss, d. h. der Charakter der Störungen ist derselbe, ob nun das Trepanloch weiter nach vorn z. B. am vorderen Rande der sogenannten erregbaren Zone von Hitzig angebracht ist, oder ob dasselbe weit hinten im Bereich des Hinterlappens angelegt wird" [2]).

Die Fassung dieses Satzes könnte zu Missverständnissen Veranlassung geben, denn während in seinem ersten Theile Grad und Ort verglichen werden, treten sich in seinem zweiten, den ersten erklärenden Theile Art (Charakter) und Ort gegenüber. Immerhin kann man den Inhalt auffassen wie man will, er ist höchstens in einer ganz bedingten Weise richtig, nämlich dann, wenn man wie Goltz „bei jeder Operation eine erhebliche Ausrottung von Hirnmasse beabsichtigt und erreicht." Ich zweifle nicht an der Richtigkeit der von Goltz publicirten Resultate, aber er hat eben ganz andere Versuche angestellt als ich, und unterlassen hierauf die erforderliche Rücksicht zu nehmen; daher stammt die Differenz in den thatsächlichen Angaben.

Wenn man kleine, ja selbst minimale Theile Hirn ausschaltet, wie ich dies bei den beweisenden Versuchen that, so ist der Ort der Operation einzig und allein von ent-

1) S. 56.
2) A. a. O. S. 31, 32, 33.

scheidendem Einfluss dafür, ob Motilitätsstörungen eintreten werden oder nicht. Operirt man in dem von mir sogenannten Gyrus *e*, so sind die Beine afficirt, operirt man an einer anderen Stelle, insbesondere hinten, so sind die Beine nicht afficirt. Ja wenn man an anderen Stellen sogar sehr viel mehr Hirnmasse herausnimmt, als im Gyrus *e* zur Hervorbringung deutlicher Störungen genügen würde, so sieht man immer noch nichts. Das ist eine Thatsache, an der noch Niemand, auch Goltz nicht zu rütteln versucht hat, und an der auch nicht zu rütteln ist. Wenn dem aber so ist, so sehe ich auch nicht, wie man den Schluss angreifen will, „dass die einzelnen Theile des Grosshirns nicht gleichwerthig sind.“

Sobald bewiesen sein wird, dass ein Stich in jeden beliebigen Theil des Hirns, oder die Herausnahme eines linsengrossen Stückchens grauer Substanz aus jeder beliebigen Stelle des Hirns dieselben Motilitätsstörungen hervorbringt wie das bei identischen Läsionen des Gyrus *e* der Fall ist, werde ich zugeben, dass ich mich geirrt habe, und dass die einzelnen Theile des Grosshirns gleichwerthig sind; vorher aber nicht. Goltz führt unter Anderem gegen meine Auffassung an, dass ich selbst den von mir anlässlich der Verletzungen des Gyrus *d* zuerst beschriebenen „Defect der Willensenergie“ gleichzeitig auch als Folge grösserer Verletzungen des Hinterhirns constatirt habe, und ist geneigt jenes Symptom als eine geringere Stufe dessen, was ich Störung des Muskelbewusstseins nenne, aufzufassen. Ich will jetzt von allen Deutungen absehen, hingegen noch einmal hervorheben, dass auch dieses Symptom eben nur bei grossen Ausschaltungen grauer Substanz des Hinterhirns zur Beobachtung kommt, bei kleinen aber nicht.

Um nun dem Leser einen Begriff von der verschiedenen Wirkung verschieden localisirter Eingriffe zu geben, führe ich folgenden Doppelversuch an.

In den ersten Tagen des Mai 1876 wurde einem kleinen Pinscher der Schädel links neben Gyrus sigmoides (*d e*) mit einer Trephine von 14 Mm Durchmesser eröffnet und eine annähernd der Oeffnung entsprechende Menge Hirnsubstanz auf ca. 4 Mm Tiefe entfernt. Demselben Hunde wurden sodann

am 19. September 1876 zwei Kronen von 11 Mm mit einer stehenbleibenden intermediären Knochenbrücke über Hinter- und Schläfenlappen rechterseits aufgesetzt, und sowohl die freiliegende Substanz, als die unter der Brücke liegenden Partien auf mindestens 4 Mm Tiefe gänzlich entfernt. Der lange Durchmesser der Hirnwunde betrug ca. 30 Mm also mehr als das Doppelte der linksseitigen. Beide Exstirpationen nahm ich mit dem Löffel vor.

In Folge der linkseitigen Operation erschienen nun rechterseits sehr erhebliche Störungen des Muskelbewustseins, die in der gewöhnlichen Weise verliefen, und noch heute spurweise aber deutlich in der Art nachweisbar sind, dass der Hund bei Beobachtung gewisser Cautelen die Vorderpfote mit dem Dorsum oder in Fuss- und Zehengelenken eingeknickt aufsetzen lässt und diese Extremität sogar gelegentlich activ in charakteristischer Weise nach innen und hinten oder nach innen und vorn setzt.

Hebt man ihn mit zwei Händen an der Rückenhaut auf und lässt ihn dann herab, so stehen die Zehen der rechten Vorderpfote eigenthümlich krallenartig und der Fuss gelangt mehr mit der Spitze der Zehen als mit der Planta auf den Tisch.

In Folge der rechtsseitigen Operation wurde der Hund auf dem linken Auge blind, zeigte aber keinerlei Störungen des Muskelbewustseins, wenn man nicht den Umstand dafür gelten lassen will, dass er in den zwei ersten Tagen nach der Operation zitternd und heulend vor Furcht die Pfoten manchmal, bei Weitem nicht immer, auf 2—3 Sec. mit dem Dorsum aufsetzen liess. Auch das war ungeachtet aller Vorsicht nach Ablauf dieser zwei Tage nicht mehr möglich, während alle anderen, bei analogen Läsionen des Gyrus *e* unausbleiblichen Störungen, das Ausrutschen, das active Aufsetzen mit dem Dorsum, das Einknicken, die Deviationen absolut und vom ersten Augenblicke an fehlten.

Recapituliren wir also diese Erfahrungen mit einem Worte, so ergiebt sich, dass eine k l e i n e V e r l e t z u n g i m G y r u s *e* Symptome in den Bewegungsapparaten setzt, die noch

nach ca. 5 Monaten [1]) wahrzunehmen und aller Wahrscheinlichkeit nach permanent sind, während eine grosse Zerstörung des Hinterhirns zu keinen oder höchstens sehr geringfügigen und vorübergehenden Störungen analoger Verrichtungen führt.

Endlich besteht noch eine thatsächliche Differenz zwischen den Goltz'schen Beobachtungen und den meinigen, sie betrifft die Reitbahnbewegungen, welche Goltz anführt, während ich ihrer nicht erwähnte. Auch ich habe anlässlich einiger im Jahre 1874 ausgeführter Operationen Reitbahnbewegungen oder correcter ausgedrückt Voltelaufen beobachtet, indessen habe ich das Symptom bisher nicht angeführt, einmal weil es nur ganz ausnahmsweise und dann auch bei ausnahmsweisen Bedingungen auftrat, und zweitens weil es bei den bisher von mir *in extenso* publicirten Experimenten überhaupt nicht vorkam. Soviel steht fest, dass es keine regelmässige Begleiterscheinung von Läsionen ist, die erhebliche Störungen des Muskelbewusstseins auslösen.

Alles in Allem liegt die Streitfrage mit Rücksicht auf das Thatsächliche jetzt so, dass Goltz nur grosse Ausschaltungen vornahm und deshalb die gleichen Erscheinungen von allen Regionen des Grosshirns aus hervorbringen konnte, welche ich bei kleinen lediglich von bestimmten Bezirken aus zu erzeugen vermochte. Wir werden später sehen, dass ein derartiges Verhalten meinen Anschauungen nicht nur nicht widerspricht, sondern dass ich dessen Möglichkeit ausdrücklich zugelassen habe.

Welchen Antheil nebenher etwa die von Goltz angewendete Methode des Ausspülens an den erzielten Resultaten gehabt hat, das vermag ich vor der Hand nicht zu beurtheilen. Immerhin steht für mich soviel fest, dass der Hund recht grosse Abtragungen des Hinterlappens mit dem Löffel erträgt, ohne nachher Störungen des Muskelbewusstseins zu zeigen, und dass ich eine Methode, welche Symptome von Druck auf die Medulla oblongata (Stillstand der Respiration und Herzaction bei

---

1) Jetzt über 7 Monaten.

Goltz's Versuchsthieren) involvirt, nur mit einem gewissen Misstrauen anwenden würde.

Wenden wir uns nunmehr zu den Deutungen. Auch hier wird mir wieder die Pflicht erwachsen, thatsächliche Irrthümer richtig zu stellen.

Goltz glaubt, dass es von höchster theoretischer Bedeutung sei, zwischen vorübergehenden und dauernden Störungen zu unterscheiden, indem er die ersteren als Hemmungs-Reizungserscheinungen gedeutet wissen will, und nur den letzteren den Werth von wirklichen Functionsschädigungen des Grosshirns zugesteht. Er meint, ich habe die hierher gehörigen Bemerkungen von Lussana und Lemoigne nicht gekannt, ohne dass dies zuträfe. Das Werk dieser Autoren ist mir sehr wohl bekannt gewesen, aber ich glaubte weder früher, noch glaube ich jetzt, dass ihre von Goltz angezogenen Ansichten irgend eine Bedeutung für die hier in Frage kommenden Versuche beanspruchen dürfen.

Wenn die Eintheilung in vorübergehende und dauernde Störungen einen Werth haben soll, so ist vor allen Dingen erforderlich, dass genau definirt wird, welche Störungen vorübergehend und welche dauernd sind. Ich sehe nicht, dass Goltz diese Aufgabe gelöst hat.

Er bezeichnet als dauernde Störungen die Neigung mit den Pfoten auszugleiten und zweitens die Vernachlässigung der afficirten Pfote, wenn es gilt, dieselbe als Hand zu benutzen. Gleich darauf gesteht er aber zu, dass auch diese Störungen möglicher Weise vergänglich sein könnten. Dann gäbe es also überhaupt keine merklichen Functionsschädigungen des Grosshirns nach Ausrottung von Hirnsubstanz.

In der That sagt nun Goltz selbst, dass einige von seinen Hunden die Fähigkeit, die Pfote zu reichen, wiedergewannen, andere aber nicht. Man kann diese Störung also doch nicht wohl mit mehr Recht zu den dauernden zählen, als jene von mir in dem oben mitgetheilten Doppelversuch angeführten. Was aber das Ausgleiten mit den Pfoten angeht, so sehe ich nicht ein, in wiefern man dasselbe von den übrigen, von mir beschriebenen Motilitätsstörungen trennen kann. Es zeigt eine

Unsicherheit, eine Schwäche des Beines, vielleicht eine mangelhafte Orientirung über dessen Zustände an. Dieselben bedingenden Momente werden aber auch dann vorauszusetzen sein, wenn der Hund die Pfote mit dem Dorsum aufsetzen lässt, ohne sie zu reponiren, wenn er sie in falsche Stellungen bringt, wenn er in ihren Gelenken einknickt. Es kommt dazu, dass die zuletzt angeführten Symptome ebensowohl zu der gleichen Periode der theilweisen Restitution in den Vordergrund treten können, als das Ausgleiten. Während wir demnach die von Goltz für so wichtig gehaltene Trennung in vorübergehende und dauernde Störungen, was die Bewegung angeht, als undurchführbar, jedenfalls aber als bisher noch nicht durchgeführt erachten, kann man allerdings die Frage aufwerfen, ob diese Störungen und die Alterationen der Bewegung überhaupt directe Motilitätsstörungen sind, oder ob sie einer Beeinflussung der Sensibilität ihren Ursprung verdanken.

Wenn man diese Frage erörtern will, so muss man in jedem Falle zwischen der Hautsensibilität und den sensibeln Eigenschaften des Bewegungsapparates unterscheiden. Goltz hat schon mit Recht darauf hingewiesen, dass man den Verlust der Fähigkeit, die Pfote zu geben, nicht wohl durch eine Sensibilitätsstörung erklären könne. Man kann aber noch auf andere Art nachweisen, dass der Bewegungsapparat direct von einer Störung getroffen ist, die ihre Wirkungen ohne Dazwischenkunft der Hautsensibilität zur Geltung bringt.

Ich habe darauf aufmerksam gemacht, dass operirte Hunde, welche an der Rückenhaut schwebend gehalten, oder unter dem Kinn gefasst, nur mit den Vorderfüssen vom Tisch entfernt werden, eine merkwürdige Deviation der Extremitäten und auch der Wirbelsäule (Goltz) zeigen. Diese Deviation kann mit der Hautsensibilität nichts zu thun haben. Ebensowenig kann das sonderbare Einknicken in den Gelenken auf einen Ausfall innerhalb dieses Gebietes von Wahrnehmungen bezogen werden. Ferner, wartet man bis der grössere Theil der initialen Störungen sich ausgeglichen hat, so lässt sich nachweisen, dass die Hautsensibilität zu einer Zeit intact ist,

zu der doch noch das oben beschriebene charakteristische Bild der Störung des Muskelbewusstseins von dem Kundigen und Geduldigen zur Anschauung gebracht werden kann. Setzt man nämlich dem Hunde die Spitze einer Nadel auf die Pfote, so sieht er hin, sticht man zu, so zieht er die Pfote fort. Hebt man ihn dann mit zwei Händen an der Rückenhaut auf, und berührt leise eine Pfote nach der andern mit der Hand, so entzieht er sie sämmtlich und gleichmässig der Berührung, eine Bewegung, die er nach entsprechenden Eingriffen in das Grosshirn mit den kranken Pfoten unter Umständen anfänglich nicht ausführt.

Wenn der Hund nun nicht nur die Fähigkeit Schmerz zu empfinden besitzt, sondern wenn er auch durch so überaus geringfügige Tastreize zu Aenderungen in der Stellung seiner Glieder veranlasst wird, warum sollten so viel gröbere Berührungen, wie das Aufsetzen des Dorsum der Zehen auf den Tisch nicht die gleichen Centralapparate zur Bethätigung bringen, vorausgesetzt dass wirklich die Hautsensibilität hier die entscheidende Rolle spielte.

Giebt man zu, dass die von mir sogenannten Störungen des Muskelbewusstseins in einer späteren Periode nicht von Störungen der Hautsensibilität herrühren, so kann man unmöglich annehmen, dass sie während einer früheren Periode diesen Ursprung hatten, wenn sie auch zu der Zeit vielleicht mit solchen Symptomen vergesellschaftet waren.

Bevor wir uns nun näher auf die Erörterung des wahrscheinlichen Grundes aller der sonderbaren Bewegungsstörungen einlassen, wollen wir noch einige andere, nach Exstirpationen im Gyrus *e* beobachtete Erscheinungen zusammenstellen.

Ich hatte bereits früher[1]) angeführt, dass Hunde mit Störung des Muskelbewusstseins blindlings mit der kranken Pfote über den Tischrand in's Leere treten, so dass sie vom Tische fallen, gerade als wenn sie blind wären, obwohl sie nachweislich auch auf dem Auge der afficirten Seite nicht

1) Untersuchungen. Neue Folge. Dies Archiv 1874. S. 440.

blind sind und sich selbstverständlich der vollen Integrität des andern Auges erfreuen. Diesen Zustand hatte ich dahin charakterisirt, „dass die Hunde sich mit der kranken Vorder-„pfote so benehmen, als ob für dieses Glied die Gesichtsein-„drücke nicht existiren, oder als ob die Gesichtseindrücke nicht „zur Bildung von Vorstellungen für dasselbe verwerthet wür-„den.“ Andere Erklärungen und Hypothesen hatte ich meinem Principe der Zurückhaltung gemäss nicht hieran geknüpft, aber doch ist Goltz gar schnell bereit gewesen, meine „Erklärung“ ohne weitere Discussion als unrichtig zu bezeichnen. Seiner Meinung nach tritt der Hund wegen mangelnder Sensibilität in's Leere.

Etwas dem geschilderten Verhalten ganz Aehnliches kann man nun beobachten, wenn operirte Hunde sich an einem Tische bewegen, dessen Füsse nahe dem Boden mit einer horizontalen Leiste versehen sind, oder wenn man ihnen auch ein Seil dorthin spannt. Sie stossen sich dann mit dem kranken Vorderbeine an der Leiste oder dem Seile. Hat man aber beide Seiten operirt, so stossen sie sich mit beiden Vorderbeinen, wodurch übrigens die Beobachtung wesentlich erleichtert wird. Hingegen stossen sie niemals mit dem Kopfe oder gesunden Extremitäten an, sondern bewegen sich in dieser Beziehung mit vollkommener Sicherheit zwischen einem Walde von Stuhlbeinen dahin. Sie sehen also und doch stossen sie mit den afficirten Beinen an. Hunde, die in Folge einer grossen Laesion des Hinterlappens blind geworden sind, verhalten sich ganz anders. Sie stossen mit der Schnauze statt mit der Pfote an diejenigen Dinge an, welche sie nicht sehen, und treten nicht in's Leere, sondern orientiren sich mit dem gesunden Auge.

Auch jenes Anstossen mit den Pfoten würde Goltz wahrscheinlich durch eine Sensibilitätsstörung erklärt wissen wollen, ohne dass ich ihm bei dieser, wie bei der schon früher erwähnten Beobachtung über das in's Leere Treten beipflichten könnte. Denn wenn der Mangel an Tastsinn Veranlassung zu den abnormen Bewegungen sein sollte, so müsste vorausgesetzt werden, dass der unverstümmelte Hund jene Fehler in

der Norm mit Zuhülfenahme des Tastsinns vermiede, dass er dabei taste, was nachweislich nicht der Fall ist und auch gar nicht der Fall sein kann.

Nehmen wir nämlich an, dass das gesunde Thier nicht durch die aus den Gesichtsbildern sich entwickelnden Vorstellungen an dem unzweckmässigen Ueberschreiten des Tischrandes gehindert würde, sondern dass es hierzu tasten müsse, so ist nicht ersichtlich, welches Tastobject bei dem Hinaustreten in die Luft etwa zur Regulirung dienen könne, weil keines vorhanden ist. Niemand, der einen gesunden Hund auf einem Tische laufen sieht, dürfte wohl auch den Eindruck erhalten, dass derselbe an den Rändern taste, ob jenseits eine Stütze für den Fuss vorhanden sei, sondern er wird finden, dass sich das Thier mit den Augen orientirt. Das von Goltz bei dem Gesunden vorausgesetzte Verhalten würde nicht demjenigen eines gesunden, sondern demjenigen eines seit längerer Zeit blinden Hundes entsprechen, welcher erst tasten muss, bevor er die intendirte Bewegung ausführt; der gesunde Hund intendirt die unzweckmässige Bewegung aber gar nicht, er tritt nicht über den Tischrand, um vielleicht dann erst die Pfote zurückzuziehen und er bringt sein Bein gar nicht in die Gefahr, an die Leiste zu stossen, um es vielleicht erst nach Beginn der Berührung zurückzuziehen. Der Verstümmelte hingegen stösst plump an die Leiste, als wenn sie nicht da wäre, und schreitet besinnungslos in's Leere, als wenn die Tischplatte sich dorthin fortsetzte.

Wir finden also, dass hier eine Anomalie scheinbar im Gebiete der Sehorgane vorhanden ist, welche mit dem was man Blindheit nennt, insofern nichts zu thun hat, als die auf die Ausbreitung des Sehnerven wirkenden Reize nach dem Gehirn fortgeleitet und für eine Anzahl von Körpertheilen in der normalen Weise, für andere aber gar nicht verwerthet werden.

Ich bedauere, dass ich der mir auferlegten Beschränkung gemäss an dieser Stelle nicht auf gewisse überaus interessante Beobachtungen, welche Goltz über Störungen des Sehvermögens und der Empfindung nach grossen Exstirpationen

machte, eingehen kann. Die Lücke, welche hierdurch in meiner Beweisführung und in dem Bilde, welches ich nun zu zeichnen gedenke, entsteht, entgeht mir nicht, aber ich hoffe doch, dass das für jetzt benutzbare Material dem Leser meine Ansicht hinreichend begründen wird. Die Zeit wird dann mehr bringen.

Beginnen wir mit der schönen Beobachtung von Goltz, dass der verstümmelte Hund, welcher ziemlich ordentlich gehen kann, nicht im Stande ist, die Pfote zu geben, obwohl er gern möchte. Goltz sagt hierüber: „Zwischen dem Organ des „Willens und den Nerven, die den Willen ausführen, hat sich „irgendwo ein unbesiegbarer Widerstand aufgebaut. — — „Nur wenn der Willensimpuls zum Gehen und Laufen gegeben „wird, spielt die rechte Vorderpfote in dem regelmässigen „Maschinengetriebe mit.“

Ich stimme dieser Ausführung zu, aber ich gehe weiter, indem ich den fraglichen Widerstand seinem Wesen nach zu erklären suche. Meiner Ansicht nach reicht der Hund die Pfote darum nicht, weil er sich keine oder nur unvollkommene Vorstellungen von dem Zustande der Bewegungsorgane dieses Gliedes bilden kann. Denn wenn er die Zustände seiner Bewegungsorgane auf Grund eines Willensactes isolirt und in zweckmässiger Weise ändern soll, so ist erforderlich, dass sein Sensorium von diesen Zuständen, wenn auch nur in der hier die Regel bildenden unklaren Weise Kenntniss hat. Ein Organ, durch welches diese Kenntniss vermittelt wird, muss im Gehirn nothwendiger Weise existiren, und ich glaube, dass der Gyrus *e*, ich will nicht grade sagen, dieses Organ ist, aber doch etwas damit zu thun hat.

Zur Auslösung von Bewegungen ganz allgemein gesprochen, also z. B. von Ortsbewegungen, ist die Gesammtsumme dieser Kenntniss, welche sich nämlich aus den einzelnen Factoren der die einzelnen Glieder betreffenden Bewusstseins-Vorgänge zusammensetzt, nicht erforderlich. Es genügt hier, dass der Bewegungsimpuls überhaupt von der Grosshirnrinde zu den niederen Bewegungscentren gelange, um ihre Maschinerie in Thätigkeit zu setzen. Die kranken Glieder spielen dann so gut es ohne das ihnen zugehörende Theil

Grosshirn eben gehen will mit. Sofort macht sich aber der Defect im Grosshirn bei der Bewegung bemerklich dadurch, dass der Hund die Pfote in den einzelnen Gelenken ungeschickt bewegt, sie nach Innen oder Aussen setzt, sie mit dem Dorsum aufsetzt u. s. w. Nähme er wahr, dass die Pfote sich in diesen abnormen Stellungen befindet, so würde er dieselben aufgeben, oder vielmehr, hätte er vollkommene Kenntniss von dem Zustande seiner Bewegungsorgane, so würde er diese abnormen Stellungen überhaupt nicht einnehmen, denn die Beobachtung lehrt, dass eine absolute Unmöglichkeit normale Stellungen und Bewegungen einzunehmen durchaus nicht vorliegt. Es ist aber nur ein Zufall, wenn die Pfote solche normale Bewegungen macht, in der Regel fällt die der Norm adaequate Begrenzung der einzelnen Bewegungsglieder, die nur aus der unaufhörlichen Kenntnissnahme jeder einzelnen Bewegungsphase resultiren kann, dahin.

Auf dieselbe Linie stelle ich endlich die Erscheinung, dass der Hund sich mit den afficirten Pfoten stösst und sie in's Leere setzt. Auch hier entstehen unzweckmässige Bewegungen, weil das Sensorium nicht über die Zustände des Gliedes orientirt ist. Die Bewegungsmaschinerie ist einmal in Thätigkeit gesetzt, ihre Verrichtungen spielen sich annähernd in der gewöhnlichen Weise ab, aber deren Einzelheiten werden nicht in der normalen Weise durch die vermöge des Gesichtssinnes im Sensorium hervorgebrachten Aenderungen regulirt, mit anderen Worten: „die Gesichtseindrücke werden nicht zur Bildung von Vorstellungen für das fragliche Glied verwerthet."

Alle diese Phaenomene besitzen also das Gemeinschaftliche, dass äusserliche Zustände — einmal die der Muskeln, das andere Mal die der Objecte des Raumes vom Sensorium für die Bewegungen des kranken Gliedes, aber nur für diese nicht in Rechnung gestellt werden.

In dieser Weise erkläre ich mir die verschiedenen, nach Laesionen des Gyrus *e* auftretenden Functionsstörungen, ihre

Verknüpfung mit einander und ihre Localisation auf eine kleine cerebrale Stelle. So weit ich die Sache übersehen kann, dürften auch die Sensibilitätsstörungen einer analogen Deutung unterliegen. Ich bin wenigstens nicht im Stande eine andere Auffassung ausfindig zu machen, welche die Summe dessen, was wir bis jetzt sicher wissen, in befriedigender Weise zu erklären vermöchte. —

Goltz schreibt mir über die Thatsache der Restitution verloren gegangener cerebraler Functionen Ansichten zu, welche ich mit der von ihm vorausgesetzten Bestimmtheit nicht ausgesprochen, ja sogar solche, von denen ich das Gegentheil gesagt habe. Nach Goltz würde ich diese Restitution lediglich als Folge unvollkommener Zerstörung dieses oder jenes Centrums auffassen und anderen Deutungen, insbesondere derjenigen, dass die gesunde Hirnhälfte für die verletzte einträte, keinen Raum gelassen haben. Die von mir gebrauchten Worte lauten folgendermaassen:

„Daraus (Restitution) lässt sich aber nicht das Geringste „schliessen, denn der sich eröffnenden Möglichkeiten sind zu viele. „Eine sehr einfache Annahme ist z. B. die, dass man nicht „das ganze Centrum zerstört hat u. s. w. [1]) — — — Dennoch „bin ich weit entfernt, ihn (diesen Gedanken) für den ein„zig richtigen auszugeben, — — Wir haben nicht daran ge„dacht in dieser Beziehung irgend welche Grenzen für irgend „ein Centrum anzugeben, noch die Möglichkeit zu behaupten „oder auszuschliessen, dass ein solches doppelt vorkäme, „sondern wir haben nur den Satz aufstellen wollen und wir „erhalten ihn aufrecht, dass die einzelnen in Frage stehenden „Hirnfunctionen sich bestimmter, irgendwo aber wohl begrenz„ter Hirnorgane bedienen u. s. w.“[2])

Wenn ich also die unvollkommene Zerstörung eines Centrums nur als eine von vielen Möglichkeiten aufzählte, so habe ich, weit entfernt davon, die Möglichkeit des Eintretens

1) S. 57.
2) S. 58.

der anderen Hemisphäre zu bestreiten, sogar Beweise dafür beigebracht, dass dieselbe schon in der Norm durch ihren Linsenkern zu den Bewegungen der ihr gleichnamigen Seite mitwirkt.[1])

Ich bin vielfach durch allerlei Angriffe und Deutungen Anderer gezwnngen worden, auf Möglichkeiten hinzuweisen, die von anderer Seite nicht berücksichtigt waren, mich in psychologische Erörterungen einzulassen, die mir unerwünscht kamen. Aber doch bin ich mir bewusst, überall mit dei nöthigen Vorsicht verfahren zu sein, und namentlich wohl unterschieden zn haben, was eine nothwendige Folgerung aus den vorhandenen Thatsachen und was eine subjective Meinung des Autors war. Wir werden im Folgenden noch sehen, wem von Beiden, ob Goltz oder mir mit grösserem Recht der Vorwurf der Unvorsichtigkeit in den Schlüssen gemacht werden kann.

Ich hatte oben den Nachweis versprochen, dass das Auftreten von Bewegungsstörungen nach Verletzungen anderer als der in der erregbaren Zone gelegenen Hirntheile meinen früher geäusserten Anschauungen keineswegs widerspräche. In der That fand ich mich anlässlich des von mir selbst beigebrachten Nachweises eines auf Zerstörungen anderer Hirnpartien folgenden „Defectes der Willensenergie" bereits bewogen, an folgenden im Jahre 1870 geschriebenen Passus zu erinnern:

„Es ist nicht undenkbar, — dass der Hirntheil, wel-
„cher die Geburtsstätte des Wollens der Bewegung
„einschliesst, noch ein anderer oder vielleicht ein vielfacher
„ist; dass die von uns Centra genannten Gebiete nur Ver-
„mittler abgeben, Sammelplätze u. s. w."

Es ist ja einerseits klar, dass die Zerstörung von „Sammelplätzen" bei Weitem stärkere und mehr Symptome zur Folge haben muss, als die Zerstörung eines Theiles der Plätze auf deren Summe alles das entsteht, was nachher gesammelt wird.[2])

1) S. 48. 49.
2) Vgl. hierzu auch Untersuchungen S. XII u. XIII.

Aber dass Eingriffe und noch dazu sehr grosse Eingriffe in die letzteren überhaupt nichts der Art nach Aehnliches hervorbringen sollten, davon ist nicht nur nichts gesagt, sondern es ist das Gegentheil gesagt.

Was hat nun Goltz an die Stelle der von mir mit aller Vorsicht und Zurückhaltung ausgesprochenen Anschauungen zu setzen versucht? Einen Satz, den er für ebenso sichergestellt hält, als ich ihn für unrichtig halte. Er erklärt die von mir und Anderen beschriebenen „groben Störungen der Bewegung nach Verletzung des Grosshirns durch einen Hemmungsvorgang, welcher sich von der Hirnwunde aus nach hinten fortpflanzt. Vermöge dieser Hemmung werden eine sehr grosse Zahl von Centren, die selbst durch die Operation nicht im Geringsten geschädigt werden, für kürzere oder längere Zeit gelähmt." Diese Centren sollen ihren Sitz im Kleinhirn haben.

Vergegenwärtigen wir uns die Thatsachen. Wenn ich im Gyrus *e* eine kleine Verletzung anbringe, sehe ich, kurz gesagt, Lähmungserscheinungen. Wenn ich aber dieselbe Verletzung hinten oder ganz vorn anbringe, so sehe ich keine Lähmungserscheinungen. Setze ich nun mit Goltz voraus, dass die Lähmungserscheinungen, wenn sie entstehen, durch Fortpflanzung eines Reizes nach dem Kleinhirn bedingt werden, so folgt, dass der Reiz an denjenigen Stellen, wo Lähmungserscheinungen zu erzeugen sind, zunächst einmal Bahnen findet, auf denen er sich nach dem Kleinhirn fortpflanzen kann, und dass er an den anderen Stellen keine solche Bahnen findet. Die in den Windungen des Grosshirns vorkommenden Nerven münden aber in graue Massen der Rinde, sind also nicht einfache Bahnen, sondern gehören zu Centren. Beide wirken selbstverständlich zu derselben Function mit, also haben diese Centren jedenfalls wie die Bahnen etwas mit der Bewegung zu schaffen, mag ihr Weg nun durch das Kleinhirn gehen oder nicht.

Wenn aber hier mit solchen specifischen Eigenschaften begabte Centren liegen, so bedarf man der Annahme einer Passage durch das Kleinhirn gar nicht. Sie erscheint über-

flüssig, und darum künstlich. Das Wenige, was wir bis jetzt über die Restitution wissen, ist an und für sich nicht geeignet, eine derartige Annahme zu rechtfertigen, und was von der angeblichen Vollständigkeit der Restitution zu halten ist, das lehrt der oben angeführte Doppelversuch.

Etwas Anderes wäre es, wenn alle gleichartigen. also auch die kleinen Verletzungen an allen Stellen des Gehirns den gleichen Effect hätten. Dann wäre von Localisation keine Rede, dann könnte man auch die Hemmungstheorie verfechten Aber dass dem nicht so ist, das habe ich durch meine im Jahrgang 1874 dieses Archivs mitgetheilten localisirten Exstirpationsversuche bewiesen, und ich kann mich durch Versuche, bei denen von Localisation gar keine Rede ist, von meinen Ueberzeugungen nicht abbringen lassen.

Goltz befindet sich ferner im Irrthum, wenn er meint, es seien gerade die Organe der groben maschinenmässigen Bewegungen, wie Gehen, Laufen u. s, w., welche geschädigt werden. Meine Hunde liefen und gingen vielmehr gleich nach der Operation gelegentlich ganz vortrefflich, zeigten aber Störungen in den feineren Details der Anordnung und der Controlle ihrer Bewegungen, wie ich das eben geschildert habe. Mir wird es nun ganz unmöglich zu verstehen, wie diese Störungen, wenn sie wirklich auf Hemmungsvorgängen beruhten, nach Massgabe der Grösse der Exstirpation an Umfang zunehmen, anhalten und verschwinden sollen.

Kennt man irgend einen pathologischen Nervenreiz, der wie dieser Monate lang continuirlich anhaltende Wirkungen producirt? Wie ist der Umstand zu erklären, dass der elektrische Reiz Bewegungen und, nach seiner Unterbrechung, Nachbewegungen, nicht aber Hemmungen setzt? Wie gedenkt Goltz mit den Erfahrungen am Menschen, mit den dauernden Hemiplegien nach Läsionen des vorwärts vom Kleinhirn gelegenen Linsenkerns fertig zu werden, wie mit den anatomischen Daten? Alles das sind Fragen, die sich durch eine einfache Uebertragung von am Rückenmark und am Frosche gemachten Beobachtungen auf das Gehirn höherer Thiere keineswegs erledigen lassen.

Endlich kommen neben den Bewegungsstörungen auch die Störungen der Empfindung und des Sehvermögens in Betracht. Ich kann ungeachtet der für weitergehende Schlüsse nicht zureichenden Zahl meiner Beobachtungen doch versichern, dass nach vielen Verletzungen des Gehirns nichts davon wahrnehmbar ist, und dass nach anderen Verletzungen die Symptome gerade wie bei den Bewegungsorganen wieder verschwinden. In den von Goltz mitgetheilten Beobachtungen finden sich gleichfalls Beispiele von schneller Restitution dieser Functionen dort nämlich wo die vorgenommene Ausschaltung nicht allzu massenhaft war. Sollen nun auch die wesentlichen Centra für die Sensibilität und das Sehvermögen ihren Sitz im Kleinhirn haben, und durch Hämmungsvorgänge temporär ausser Thätigkeit gesetzt werden können? Hypothesen, welche alle modernen Anschauungen so gründlich erschüttern, sollten, wie ich meine, nur mit grösster Vorsicht und nicht ohne eine sehr weitreichende Begründung ausgesprochen werden.

Resumiren wir den Inhalt dieses Aufsatzes, so finden wir

1) dass durch die Summe der vorhandenen Thatsachen die Annahme von Hemmungsvorgänge nicht erfordert wird, sondern dass man mit der einfacheren Annahme von Ausfallsvorgängen auskommt.

2) Dass, wenn dies nicht der Fall wäre, und man demnach einige Berechtigung zur Annahme von Hemmungsvorgängen hätte, inzwischen noch jede klare Definition dessen fehlt, was man als Product der Reizung — Hemmung auffassen soll und was nicht.

3) Dass Goltz zu ganz irrthümlichen Ansichten um deswillen gelangte, weil er den in der Localisirung liegenden Fortschritt verkennend, wieder zu den früher üblichen grossen Ausschaltungen zurückkehrte, ohne den neuen Methoden die ihnen gebührende Berücksichtigung zu schenken.

Wenn ich also auch die zahlreichen neuen von Goltz beigebrachten Thatsachen und ihre anmuthige Darstellung wie wohl jeder Forscher mit wahrem Vergnügen begrüsst habe, so kann ich doch nicht umhin, den von Goltz eingeschlagenen

Weg als einen solchen zu bezeichnen, der nicht gerade zum Ziele führt, mit einem Worte als einen Umweg. —

Möge mir endlich Goltz die Bitte verzeihen, dass er sich durch diese Vertheidigung meiner Arbeiten und meines Standpunktes nicht zu noch grösserer Herbe fortreissen lasse, als ich schon einmal ganz ahnungslos bei ihm erregen musste.

Zürich im October 1876.

Versuche über dipolar-elektrische Ladung materieller in Wasser suspendirter Theilchen.

Von

Th. Weyl, Cand. med. in Strassburg.

(Aus dem physiologischen Laboratorium der Universität zu Berlin.)

§ 1. Das Phaenomen.

Wenn man grob zerkleinerte Pará-Nüsse, die Samen der *Bertholletia excelsior* Humb. et Bonpl., mit Aether einige Zeit schüttelt, so fällt aus denselben ein weisses Pulver heraus, welches sich leicht mit dem Aether abgiessen lässt, indem man es zu diesem Zwecke durch Schütteln des Gefässes im Aether suspendirt. Dasselbe setzt sich schnell am Boden ab und kann dann durch Abgiessen des Aethers isolirt werden. Es zeigt, nachdem es wiederholt mit destillirtem Wasser gewaschen ist, unter dem Mikroskop bei circa 250facher Vergrösserung eine deutlich krystallinische Structur.

Bei einer chemischen Untersuchung dieser von Hartig[1]) entdeckten und seit Naegeli[2]) als Krystalloide bezeichneten Gebilde, über welche ich an einem anderen Orte zu berichten gedenke, unterwarf ich dieselben unter dem Mikroskope der Einwirkung des elektrischen Stroms.

Zu diesem Zwecke diente mir ein einfacher Apparat, welchen ich im folgenden als Reizplatte bezeichne. Er stimmt

---

1) Hartig, Botanische Zeitung 1855, S. 881; — 1856 S. 257; — Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeims, 1858, S. 108 ff.

2) Naegeli, Sitzungsberichte der Münchener Akademie. 1862. Bd. II, S. 121.

im Wesentlichen mit einer von E. H. und Ed. Weber wohl zuerst ausdrücklich beschriebenen, seitdem von den Physiologen bei der elektrischen Reizung von Muskel und Nerv unter dem Mikroskope häufig benutzten Vorrichtung überein.

Auf eine rechteckige Glasplatte von 145 Mm. Länge und 40 Mm. Breite klebte ich mit alkoholischer Schellacklösung zwei gleichschenklige Dreiecke von Stanniol, so dass deren Basis der kürzeren Seite der Platte parallel stand. Die Ränder, welche den Schenkeln der Dreiecke entsprachen, überzog ich mit Schellacklösung. Frei blieben nur die Spitzen der Dreiecke, welche von einander 2 Mm. entfernt waren. Zwischen denselben befanden sich die in einem Tropfen Wasser suspendirten Krystalloide. Ein Deckgläschen, wie man es bei mikroskopischen Untersuchungen anwendet, schützte das Präparat vor Verdunstung. Die Reizplatte klemmte ich zwischen die Schlitze zweier Klemmschrauben, an welchen die stromzuführenden Drähte befestigt waren. Um die Glasplatte beim Anziehen der Schrauben vor Zerbrechen zu schützen und um leitende Verbindung der Stanniolbelegungen mit dem Mikroskop zu vermeiden, schob ich zwischen Klemmschrauben und Glasplatte ein Guttapercha-Scheibchen.

Diese Reizplatte befand sich im secundären Kreise eines du Bois'schen Schlitteninductoriums, dessen primäre Rolle circa 136, dessen secundäre Rolle 5826 Wendungen hatte. Es wurde durch fünf kleine Grove in Bewegung gesetzt. Die Reizplatte war mittels des du Bois'schen Schlüssels als Nebenschliessung eingeschaltet, um die unipolaren Wirkungen auszuschliessen, welche ich befürchten musste, da alle Versuche mit übereinandergeschobenen Rollen angestellt wurden. Die Feder des Apparates war so gestellt, dass die Anzahl der Unterbrechungen möglichst gross wurde.

Sobald nun nach Hinwegräumung der Nebenschliessung dem Strome der Zutritt zur Reizplatte gestattet wird, ordnen sich die Krystalloide, welche bis dahin regellos zerstreut im Wassertropfen suspendirt waren, in vollkommen regelmässigen Curven an, welche guirlandenartig nach oben und nach unten die beiden Stan-

niol-Pole mit einander verbinden. Ist genügend Material vorhanden, so beobachtet man häufig 6—8 solcher Curven hinter einander fast concentrisch geschichtet. Diese Anordnung geht beinahe momentan vor sich, wenn der Wassertropfen nicht zu gross ist und die Krystalloide in demselben mit der Nadel möglichst fein vertheilt waren.

Ist die Anordnung einmal hergestellt, so bleiben die Theichen in Ruhe auf dem eingenommenen Platze stehen, ohne dass sich irgend eine weitere Einwirkung des Stromes auf die Stellung der Theilchen bemerkbar machte.[1])

Wird der Strom durch Schluss des Schlüssels vom Präparate abgeblendet, so bleibt die Anordnung erhalten, da keine Kraft vorhanden ist, welche sie zerstören könnte.

Aber auch die Lage des einzelnen Krystalloides in der durch den Strom hervorgebrachten Anordnung ist beachtenswerth.

Durch die Wechselströme des Schlitteninductoriums werden die Krystalloide so gerichtet, dass sich ihre Längsaxe in die Richtung der Curven stellt, in welchen die Theilchen sich anordnen.

Leider gelingt es auch noch nach so häufigem Schlämmen mit destillirtem Wasser nur schwierig die Krystalloide der Pará-Nuss rein und isolirt von anderen Bestandtheilen darzustellen. Sie zeigen sich unter dem Mikroskop beinahe stets untermischt mit gewissen Gebilden, welche Hartig[2]) als Weisskerne, Pfeffer[3]) als Globoide bezeichnet. Es sind dies grau-weisse Körperchen von rundlicher, fast kugeliger Gestalt,

---

1) Allmälig werden die in der Nähe der Pole befindlichen Krystalloide durch den Strom verflüssigt. Ob dies auf einem elektrolytischen Processe beruht, oder ob die Krystalloide von dem durch Elektrolyse aus dem suspendirenden Wasser entwickelten Sauerstoff oder Wasserstoff gelöst werden, sollen weitere Versuche entscheiden.

2) Bot. Zeitung 1856, S. 262.

3) Untersuchungen über die Proteïnkörner und die Bedeutung des Asparagins beim Keimen der Samen: Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. Bd. VIII, S. 430 (1872).

von denen häufig mehrere zusammentreten, um dann ein traubenförmiges oder drusenförmiges Gebilde darzustellen. Sind sie in zu grosser Menge vorhanden, so können sie die oben beschriebene Anordnung und Richtung der Krystalloide stören. Im Grossen und Ganzen aber kommt das Phänomen trotz ihrer Anwesenheit zu Stande.

Bereits im April dieses Jahres durfte ich die geschilderten Erscheinungen meinem verehrten Lehrer Hrn. Prof. E. du Bois-Reymond demonstriren. Ich bin demselben für die Freundlichkeit, mit welcher er mir die Räume und Hülfsmittel seines Laboratoriums auch während der Ferien zur Verfügung stellte, und für das Interesse, mit welchem derselbe diese Untersuchung begleitete, zu wärmstem Danke verpflichtet. Auch Hrn. Prof. H. Munk bin ich in gleicher Weise Dank schuldig.

Es stellte sich bald genug heraus, dass das Zustandekommen des Phänomens keineswegs an die Krystalloide der Pará-Nuss gebunden sei.

Es gelang mir dasselbe mit folgenden Körpern, welche fein zerrieben in Wasser vertheilt wurden, hervorzurufen.

Kupferoxyd.
Chromoxyd.
Schwefeleisen.
Zinnober.
Smalte.
Glaspulver.
Fluorcalcium.
schwarze Tusche.
Carmin.
Kohle (Herkunft?).
Sauerstoff. } Siehe S. 720 Anmerkung 2.
Wasserstoff. }

Lykopodium. Streupulver, wie man es in jeder Apotheke erhält, wurde nach der Angabe von G. Quincke[1])

---

1) G. Quincke, Ueber die Fortführung materieller Theilchen durch strömende Elektricität. Poggendorff's Annalen. Bd. CXIII, S. 579. (1861.)

längere Zeit mit destillirtem Wasser gekocht, um die an den Sporen haftende Luft zu entfernen. Ohne diese Procedur bildet das Streupulver bei Berührung mit Wasser Klumpen, durch welche sich der elektrische Strom nur mit Mühe einen Weg bahnt. Das Material ist zur Darstellung des Phaenomens selbst bei Anwendung dieser Vorsichtsmassregel sehr wenig geeignet, weil die Grösse und Schwere, welche allmählich noch durch Wasser-Imbibition zunimmt, sehr starke Ströme verlangt, deren Anwendung, wie unten gezeigt werden wird, andere Nachtheile mit sich bringt.

Kupfer (elektrolytisch abgeschieden aus $CuSO_4$).
Platin.
Zink.
Messing.

Alle Metalle wurden auf einem Schleifsteine oder auf einer rauh geschliffenen Glasplatte fein zerrieben.

Nächst den Krystallen der Pará-Nuss, deren Reindarstellung leider etwas zeitraubend ist, eignet sich das zu einem feinen Mehle zerriebene Glas ganz besonders für diese Versuche. Wenn man ein paar Stäubchen davon mit einer durch Wasser benetzten Nadel im Wassertropfen zwischen den Polen der Reizplatte durch schnelles Rühren vertheilt, findet man immer Theilchen genug, welche nach der Längsrichtung besonders ausgebildet sind und daher die Richtung durch den Strom sehr gut zeigen.

Das Verhalten der Leiter (Platin, Kupfer, Zink, Messing) unter dem Einflusse der Wechselströme des Schlitteninductoriums muss genauer besprochen werden. Ein scheinbar viel verwickelteres Phaenomen als das, welches wir bisher beobachteten, bietet sich uns dar.

Die Metalltheilchen wechseln unter rotirenden und wirbelnden Bewegungen äusserst schnell ihren Ort. Dabei schienen sich bisweilen zwei Theilchen wie durch Anziehung einander zu nähern um sich mit grosser Intensität von einander zu entfernen, sobald sie sich bis auf eine gewisse Strecke nahe gekommen waren.

Zugleich kommt aber noch eine andere auffallende Erscheinung zur Beobachtung. Es schiessen nämlich von den sehr zahlreichen, spitzen Vorsprüngen des Theilchens, dessen Peripherie unter dem Mikroskope wie angefressen erscheint, zahlreiche kleine Gasbläschen in die Flüssigkeit hinein, in welcher sich die Theilchen befinden. Mit dem Aufhören des Stromes verschwindet diese Gasentwicklung, welche nichts zu thun hat mit einem ähnlichen Vorgange an den Stanniol-Polen. Von letzterem wird unten die Rede sein.

G. Quincke[1]) scheint bereits Aehnliches beobachtet zu haben, als er auf Blattgoldstückchen, welche durch Schütteln mit Wasser in demselben fein vertheilt worden waren, in seinem Ueberführungsapparate den Entladungsstrom einer Leydener Batterie wirken liess. Quincke meint, dass es sich hierbei um Luftbläschen gehandelt habe, welche an der Oberfläche der Metallstückchen hingen und durch den elektrischen Strom von derselben losgelöst worden wären.

Auch in meinen Versuchen ist die der Oberfläche des Metalltheilchens adhaerirende Luft vielleicht eine Quelle der Gasentwicklung gewesen. Dass sie aber die einzige Quelle des beschriebenen Phaenomens gewesen sei, ist mir zweifelhaft.

Ich nehme vielmehr an, dass die Metalltheilchen durch die kurz dauernden Ströme dielektrisch polarisirt worden sind, dass sie folglich bei genügender Stärke dieser Polarisation das Wasser, in welchem sie sich befanden, zersetzten.

Für diese Annahme scheint mir zu sprechen, dass ich eine derartige Gasentwicklung auschliesslich bei den Metallen (Platin, Kupfer, Zink, Messing), niemals bei Nichtleitern (Glas u. s. w.) beobachtete, obgleich sich beide unter denselben Bedingungen befanden. Meine Annahme von der dipolar-elektrischen Ladung der Metalltheilchen würde hinfällig, wenn bewiesen wäre, dass die Luft an Glas schlechter adhaerirt als an Metall. Doch dies ist bisher meines Wissens nicht geschehen.

---

1) A. a. O. S. 574.

Diese Gasentwicklung durch die Metalltheilchen macht nun die rotirenden Bewegungen der Theilchen verständlich.

Das Theilchen gleicht einem elektrischen Rade, welches die Lufttheilchen nach einer gewissen Richtung hin abstösst, um dann selbst in entgegengesetzter Richtung zu rotiren.

Aber alle diese soeben beschriebenen Erscheinungen an Leitern (Metallen) zeigen sich nur, wenn die Wechselströme eine gewisse Zeit lang auf das Präparat wirken.

Gestattet man dem Strome nur so lange Zeit Zutritt zur Reizplatte, als zwischen einer möglichst schnellen Schliessung und Oeffnung des Schlüssels durch die Hand vergeht, so überzeugt man sich ganz deutlich, dass diese Rotations- und Wirbel-Bewegungen nur secundäre, durch die Gasentwicklung an den Spitzen der Metalltheilchen hervorgebrachte Phaenomene sind.

In diesem Falle bilden die Metalltheilchen Curven von derselben Form wie die Nichtleiter; nur sind sie meistens weniger zahlreich, und ihre concentrische „Schichtung“ ist weniger regelmässig als bei Anwendung von Glas u. s. w.

Die Richtung der Metalltheilchen in diesen Curven geht mit derselben Regelmässigkeit bei den Leitern und bei den Nichtleitern vor sich. Ein Stillstand des Systems, wie ich ihn oben bei Anwendung von Glaspulver u. s. w. beschrieb, tritt eben wegen dieser Gasentwicklung nicht ein.

Die guten Leiter (Platin, Kupfer, Messing, Zink) unterscheiden sich also dadurch von den übrigen untersuchten Körpern (Glaspulver, Kupfer-Oxyd u. s. w.), dass sie die durch die Wechselströme erlangte Stellung wegen einer von den Metalltheilchen ausgehenden Gasentwicklung, welche auf einer dielektrischen Ladung der Theilchen beruht, sehr schnell wechseln, und dass ein Stillstand des Systems wie bei den Nichtleitern und Halbleitern aus demselben Grunde nicht zu Stande kommt.

§ 2. Störungen durch fehlerhafte Beschaffenheit der Reizplatte.

Häufig gerathen die in Wasser vertheilten Körperchen in wirbelnde Bewegung, ohne dass irgend welche Richtung oder Anordnung erreicht würde, während die Wechselströme das Präparat treffen.

Dies findet statt bei fehlerhafter Beschaffenheit der Staniol-Pole.

Man hat nämlich bei Anfertigung der Reizplatten mit peinlichster Sorgfalt darauf zu achten, dass von der Schellacklösung nichts über die Stanniolspitzen in den Raum gelangt, welcher den Wassertropfen mit den Theilchen aufnehmen soll.

In diesem Falle löst der Strom allmählich die Schellack-Stückchen von der Glasplatte los und schleudert sie in das Gesichtsfeld. Man erhält dann ganz unregelmässige Erscheinungen.

Deutliche Flüssigkeitswirbel, in welche die Theilchen mit hineingerissen wurden, traten auf, wenn zufällig nur ein Pol wirksam, der andere mit Schellacklösung verunreinigt war. Ich kann vorläufig nicht mit Sicherheit angeben, ob es sich bei dieser Erscheinung um unipolare Wirkungen gehandelt habe.

Aehnliche Störungen, wie diejenigen, welche wir soeben auf eine Verunreinigung der Pole mit Schellack bezogen, beobachtet man auch, wenn ein oder beide Pole nicht vollkommen fest auf dem Glase haften. Hierdurch wird die metallische Oberfläche, welche mit der suspendirenden Flüssigkeit in Berührung kommt, vergrössert und Gelegenheit für eine reichlichere Gasentwicklung an den Polen gegeben. Eine zu grosse Menge von Gasblasen verhindert aber die Theilchen sich anzuordnen.

In jedem Falle muss ich vor einer zu häufigen Benutzung derselben Reizplatte warnen.

Bei Anwendung stärkerer Ströme wird man kaum mehr als 30 Versuche mit demselben Exemplare vornehmen können.

§ 3. Störungen durch die Gasentwicklung an den Polen.

Aber selbst bei gutem Zustande der Reizplatte sieht man, wenn sehr starke Ströme benutzt werden, die in Wasser vertheilten Körperchen wirbelnde Bewegungen ausführen. Ein Blick auf die Stanniol-Pole lehrt uns, dass die Bewegung der Theilchen von ihnen ausgeht und dass sie von einer mehr oder minder reichlichen Gasabscheidung durch die Elektrolyse des Wassers abhängt.

Es soll hier zu zeigen versucht werden, dass die Gasentwicklung an den Polen nur ein störender, nicht ein bestimmender Factor des beschriebenen Phaenomens ist.

Bei Anwendung der bisher[1]) benutzten Ströme tritt das Phaenomen (§ 1) viel früher ein als die Gasentwicklung an den Polen.

Die Theilchen sind längst gerichtet und angeordnet: dann erst sehen wir einzelne Gasbläschen an den Polen auftauchen.[2])

Aber selbst bei Anwendung bedeutend stärkerer Ströme (kleinen Ruhmkorff mit vier Deleuil)[3]) lässt sich das Phaenomen demonstriren, ohne dass eine irgendwie namhafte Gasentwicklung zu Stande käme. Ich erreichte dies, indem ich die Körperchen in einer Mischung von 20 Vol. absoluten Alkohols mit 80 Vol. destillirten Wassers der Einwirkung des Stromes unterwarf.

Wäre endlich das Phaenomen durch die Gasentwicklung bedingt, so müsste es bei stärkerer Gasentwicklung besonders

---

1) S. oben S. 713.

2) Um mir eine ungefähre Anschauung davon zu verschaffen, wie viel Gasblasen während einer bestimmten Zeit durch die Wechselströme des Schlitteninductoriums bei bestimmter Stromstärke entwickelt würden, liess ich dieselben auf einen Wassertropfen wirken, in welchem keine Theilchen suspendirt waren. Ich beobachtete hierbei, dass sich die Gasblasen in denselben regelmässigen Curven anordneten wie die in Wasser vertheilten Körperchen. — Hierauf bezieht sich die Angabe S. 715, dass es mir gelungen sei, das Phaenomen mit Sauerstoff und Wasserstoff hervorzurufen.

3) Sie unterscheiden sich kaum von Bunsen'schen Elementen.

deutlich hervortreten. Das gerade Gegentheil davon tritt ein. Je stärker die Gasentwicklung um so undeutlicher das Phaenomen.

Wir haben jetzt, wie ich meine, bewiesen, dass die beschriebenen Erscheinungen durch die Gasentwicklung an den Polen nicht veranlasst werden, da sie um so deutlicher hervortreten, je geringer die Gasentwicklung ist.

Ich fasse die bisher geschilderten Erscheinungen noch einmal zusammen.

Werden Nichtleiter oder Halbleiter in destillirtem oder alkoholhaltigem Wasser vertheilt von kurzdauernden (Inductions-) Wechselströmen getroffen, so ordnen sie sich zwischen den Polen der den Strom zuleitenden Vorrichtung in regelmässigen, von Pol zu Pol sich erstreckenden Curven an. Dabei werden die Theilchen so gerichtet, dass sich ihre längste Axe in Richtung der Curven stellt. Für runde Körperchen fällt diese Richtung weg. Ist die Anordnung der Theilchen einmal hergestellt, so bleibt das ganze Curvensystem in Ruhe, ohne dass der Strom eine weitere Veränderung in dessen Form hervorruft.[1]

Die Leiter geben ähnliche Phaenomene. Sie werden durch die Wechselströme elektrisch geladen und elektrolytisch wirksam. In Folge dessen wechseln sie die unter dem Einflusse des Stromes erlangte Stellug äusserst schnell.

§ 4. Einfluss des Leitungswiderstandes der suspendirenden Flüssigkeit.

Es muss jetzt versucht werden, ob wir durch Modification der Bedingungen, unter welchen wir die beschriebenen Phaenomene auftreten sahen, zu ihrem Verständnisse gelangen können.

---

1) Ueber gewisse secundäre Wirkungen des Stromes auf die Krystalloide, s. S. 714 Anm. 1.

Zunächst soll vom Einflusse des Leitungswiderstandes der suspendirenden Flüssigkeit die Rede sein.

Verringert man den Leitungswiderstand des destillirten Wassers, in welchem die Theilchen suspendirt sind, durch Hinzufügung von Kochsalz oder von ein paar Tropfen Schwefelsäure, so bleiben die Phaenomene der Richtung und der Anordnung aus. [1])

§ 5. Wirkung constanter Kettenströme.

Lässt man auf die in Wasser vertheilten Körperchen (Leiter, Halbleiter und Nichtleiter) den Strom einer Kette von siebzehn kleinen Grove, wie sie seit du Bois-Reymond in der Elektrophysiologie gebräuchlich sind, wirken, so beobachtet man die zuerst von Jürgensen[2]) beschriebenen, später von G. Quincke[3]) eingehend studirten anaphorischen Phaenomene. Die Theilchen wandern bei einer gewissen Stromstärke[4]) dem positiven Pole zu. Häufig aber constatirte auch ich, ganz wie es Quincke[5]) angiebt, bei geringerer Stromintensität unter dem Mikroskope gleichzeitig eine doppelte Bewegung der Theilchen „im Sinne und im entgegengesetzten Sinne der positiven Elektricitätsströmung". [6])

Bei Anwendung des alkoholhaltigen Wassers war eine Gasentwicklung an den Stanniolpolen kaum bemerkbar. Eine Gasentwicklung in der Nähe der metallischen Theilchen (s. oben

---

1) Die Krystalloide der Pará-Nüsse eignen sich für diese Versuche nicht, da sie in verdünnter Salzlösung und in verdünnter Schwefelsäure löslich sind.

2) Jürgensen in diesem Archiv, 1860. S. 673 ff.

3) G. Quincke in Poggendorff's Annalen u. s. w. 1861. Bd. CXIII, S. 565 ff.

4) Dieselbe wurde durch ein als Nebenschliessung eingeschaltetes Rheochord nach du Bois' Construction variirt.

5) A. a. O. S. 572.

6) Leider habe ich zu notiren vergessen, ob sich die Theilchen auch unter dem Einflusse des constanten Stromes mit ihrer Längsaxe in die Stromrichtung stellen — was nach später (S. 725) zu schildernden Versuchen wahrscheinlich ist.

S. 717) konnte ich selbst bei voller Stromstärke (siebzehn kl. Grove ohne Rheochord) nicht constatiren.

Bei Hinzufügung geringer Mengen NaCl oder H_2SO_4 zum Wasser hörten die Fortführungserscheinungen auf.

Die constanten Kettenströme haben also nur wenige Erscheinungen geliefert, welche an das in § 1 beschriebene Phaenomen erinnern. Uebereinstimmend mit demselben hörten bei gut leitender Flüssigkeit die Fortführungserscheinungen auf. Von einem Stillstande des Curvensystems dagegen wurde nichts beobachtet.

§ 6. Wirkung intermittirender, gleichgerichteter Kettenströme.

Intermittirende, gleichgerichtete Kettenströme rufen die bereits von Jürgensen[1]) geschilderten Erscheinungen hervor.

Den Strom einer Kette von siebzehn kleinen Grove unterbrach ein Neef'sches Blitzrad, welches mit der Hand schnell gedreht wurde.

In einer zweiten Versuchsreihe war am Hebel des Halske'schen Unterbrechers ein Stück starken und dicken Kupferdrahtes, durch Kautschuk gegen die Unterlage isolirt, befestigt. An denselben löthete ich einen Draht, der mit dem einen Pole der Grove'schen Kette in Verbindung stand. Den anderen Pol nahm ein Quecksilber-Näpfchen auf, das sich dicht unter dem Ende des am Hebel befestigten Kupferdrahtes befand. So oft nun der Anker des Hebels vom Elektromagnet angezogen wurde, tauchte der Kupferdraht in das Näpfchen und schloss den Kreis, in welchem sich die Reizplatte befand.

Verlor der Elektromagnet seinen Magnetismus, so liess er den Anker los. Hierdurch wurde der Kupferdraht aus dem Quecksilber-Näpfchen emporgehoben und der Kreis der Reizplatte geöffnet. Der Kupferdraht war zugespitzt und amalgamirt. Den Halske'schen Unterbrecher setzten zwei Daniell in Bewegung. Die Unterbrechungsanzahl war eine möglichst grosse.

---

1) A. a. O. S. 686.

Dass durch den eben geschilderten einfachen[1]) Mechanismus der Kreis der Reizplatte wirklich häufig unterbrochen wurde, zeigte der Funke, welcher zwischen der Kuppe des Quecksilber-Näpfchens und der Spitze des Kupferdrahtes übersprang, so oft derselbe aus dem Näpfchen emporgehoben wurde. Dieser Funke konnte aber nicht durch den im Hammer kreisenden Strom hervorgerufen sein, weil ein zwischen Quecksilbernäpfchen und Kupferdraht eingeschaltetes Galvanometer keinen Strom anzeigte, während der Hammer in Thätigkeit war.

Nach beiden Methoden wurden identische Resultate erzielt.

Die Theilchen (Leiter, Halbleiter, Nichtleiter), bewegten sich unbekümmert um die Anzahl der Unterbrechungen dem positiven Pole zu. Die Fortbewegung ist für das Auge eine stetige, keine sprungweise, wenn die Anzahl der Unterbrechungen nicht allzu gering ist.

Wird die Leitungsfähigkeit des Wassers durch Zusatz von Kochsalz oder Schwefelsäure erhöht, so bleiben die beschriebenen Erscheinungen aus. Die Intensität der benutzten Ströme — stärkere standen mir nicht zu Gebote — war nicht genügend, um grössere Glastheilchen fortzuführen. Aus diesem Grunde wurde wahrscheinlich auch die Richtung der Theilchen nicht beobachtet.

So hätten denn also auch die Wirkungen der intermittirenden constanten Kettenströme das Verständniss des Phaenomens nicht wesentlich fördern können.[2])

---

1) Noch einfacher wäre es gewesen, den Kreis der Reizplatte durch den direct eingeschalteten Halske'schen Hammer unterbrechen zu lassen. Ich unterliess dies, weil ich fürchtete, durch die starken Ströme die Contacte des Apparates zu zerstören.

2) Dass Jürgensen (a. a. O. S. 687) bei Anwendung gleichgerichteter Inductionsströme keine Fortführung der Theilchen beobachtete, kann ich mir nur so erklären, dass die Stärke der von ihm benutzten Ströme, über welche er keine Angaben macht, zu gering war. Mir fehlten die experimentellen Hülfsmittel, um dies zu entscheiden.

§ 7. Wirkung von Oeffnungsinductionsschlägen.

Quincke[1]) erzielte bereits eine Fortführung der Theilchen als er durch seinen Ueberführungsapparat die Oeffnungsschläge eines Inductionsapparates hindurchleitete.

Meine Versuchsanordnung war die folgende.

Im primären Kreise eines kleinen Ruhmkorff befanden sich vier Deleuil.[2]) Der Hammer der Unterbrechungsvorrichtung war gegen den Eisenkern vermittels einer Schraube gepresst. Der Kreis konnte durch einen Pohl'schen Gyrotropen mit herausgenommenem Kreuz geöffnet und geschlossen werden. Im secundären Kreise war durch einen du Bois'schen Schlüssel die Reizplatte als Nebenschliessung eingeschaltet.

Es wurden einzelne Oeffnungsinductionsschläge durch das Präparat geleitet, die Schliessungsschläge durch den im secundären Kreis befindlichen Schlüssel abgeblendet.

Es befinde sich im Wassertropfen zwischen den Stanniolelektroden fein zerriebenes Glaspulver. Wir benutzen eine 250-fache Vergrösserung.

Nehmen wir wiederum an, die Stromrichtung im Wassertropfen sei durch die kürzeste Verbindungslinie zwischen den Spitzen der Stanniolpole gegeben. Wir stellen das Mikroskop auf ein Theilchen ein, welches mit der gedachten Linie ungefähr einen rechten Winkel bildet.[3]) Der erste Oeffnungs-Inductionsschlag verwandelt diese Richtung in eine parallele.

Durchmustern wir jetzt das Präparat, so werden wir schon nach diesem einen Stromstosse, jedenfalls aber nach mehreren die meisten Theilchen parallel der Stromrichtung gerichtet finden.[4]) Einige Theilchen scheinen jedoch den Oeffnungs-

---

1) A. a. O. S. 569.

2) S. oben S. 120.

3) Indem man mit einer Nadel auf das Deckgläschen einen Druck ausübt, gelingt es bei einiger Uebung leicht ein oder mehrere Theilchen in diese Lage zu bringen.

4) Diese Erscheinung gestattet den Schluss, dass auch bei Anwendung starker constanter Ströme erst eine Richtung der Theilchen,

schlägen Trotz bieten zu wollen. Es sind die grössten Glastheilchen, wie wir bald bemerken. Ein Druck mit einer Nadel auf das Deckglas überzeugt uns, dass die Reibung der Theilchen gegen das Deckgläschen und den Objectträger eine Bewegung überhaupt nur schwierig gestattet. Glas, Fluorcalcium, Smalte, Quarzstückchen, CuO, FeS, Cu, Pt, Zn, Messing verhielten sich vollkommen gleichmässig. Nur schien es mir — worüber messende Versuche allein Auskunft geben können —, dass die Einstellung der Metallstückchen schneller und lebhafter erfolgte als die der anderen Substanzen.

Dies die erste Wirkung der Oeffnungsschläge auf das Präparat.

Fassen wir jetzt ein durch den ersten Oeffnungsschlag gerichtetes Theilchen in's Auge.

Ein zweiter Oeffnungsschlag treibt es um ein bedeutendes Stück vorwärts dem positiven Pole zu. Jeder folgende Stromstoss wirkt in gleicher Weise. Ich konnte häufig durch drei oder vier Schläge ein Theilchen durch die ganze Breite des Gesichtsfeldes treiben.

Als ich einmal Kupferpulver, das durch Reiben an einem Schleifsteine gewonnen war und in Folge dessen nicht unbedeutende Mengen von Quarzsplittern enthielt, in destillirtem Wasser vertheilt den Oeffnungsschlägen aussetzte, kam die Richtung der Theilchen ganz wie gewöhnlich zu Stande. Als nun ein weiterer Oeffnungsschlag die Theilchen dem positiven Pole zutreiben sollte, sah ich zu meinem Erstaunen das Kupfer dem positiven, die Quarztheilchen dem negativen Pole zu wandern.

Eine Täuschung ist wegen der verschiedenen Farbe der Theilchen — das Kupfer erschien schwarz, die Quarztheilchen weiss — ausgeschlossen. Verständlich wird diese Erscheinung, wenn wir mit Quincke[1]) annehmen, dass die leichteren Quarz-

---

dann deren Fortführung eintritt. Der Oeffnungsschlag einer constanten Kette unterscheidet sich ja nur durch seinen Verlauf und durch seine Intensität von einem Inductions-Oeffnungsschlage.

1) A. a. O. S. 582 ff. Quincke erklärt auf diese Weise die Fortführung von Stärkekörnchen in verschiedener Richtung. Die

theilchen durch das vom Strom zum negativen Pole fortgeführte Wasser mit fortgerissen wurden, während die Kupfertheilchen zum positiven Pole geführt wurden, da sie durch ihre Schwere der Wasserströmung widerstehen konnten.

Aber noch eine dritte Erscheinung kommt zur Beobachtung, welche unsere Aufmerksamkeit in vielleicht noch höherem Grade verdient als die Richtung und Fortführung der Theilchen.

Wir schicken 20—30 Oeffnungsschläge kurz hinter einander durch das Präparat, indem wir alle Schliessungsschläge durch den Schlüssel im secundären Kreise abblenden. Wir benutzen eine 60-fache Vergrösserung. Die Theilchen stehen mit ihrer Längsaxe in der Stromrichtung. Sie sind aber auch in denselben Curven angeordnet, welche wir in § 1 beschrieben haben.

Jeder neue Oeffnungsschlag bringt eine Veränderung des Bildes in sofern hervor, als die Theilchen durch denselben dem positiven Pole genähert werden. Diese Bewegung ist natürlich bei 60-facher Vergrösserung betrachtet eine minimale. Sie wird erst bei 250-facher Vergrösserung deutlich wahrnehmbar.

Bei Zusatz von Kochsalz oder Schwefelsäure zum destillirten Wasser hören alle in diesem § beschriebenen Erscheinungen auf.

Feste, in Wasser suspendirte Theilchen (Leiter, Halbleiter, Nichtleiter) werden also durch starke Inductions-Oeffnungsschläge so gerichtet, dass sich ihre Längsaxe in die Stromrichtung[1]) derselben stellt. Dabei werden sie dem negativen Pole zugetrieben und zwar, wie wir schliessen, auf dem Wege, welchen uns die unter dem Einflusse mehrerer Oeffnungsschläge auftretenden Curven andeuten.

Quincke'sche Erklärung gilt selbstverständlich ebenso für einzelne Inductionsschläge, wie für constante Ströme.

1) Wir werden später erkennen, dass auch die Theilchen, deren Längsaxe nicht in der kürzesten Verbindungslinie zwischen den Spitzen der Stanniolpole liegt, in der Stromrichtung stehen.

Die eben geschilderten Wirkungen der Oeffnungsschläge geben uns wichtige Fingerzeige für das Verständniss unseres Grundphaenomens (§ 1) an die Hand.

Wir sehen durch eine Reihe starker Inductions-Oeffnungsschläge[1]) alle die Erscheinungen auftreten, welche wir bei Anwendung von Inductions-Wechselströmen beobachteten. Der „Stillstand des Curvensystems“ allein fehlte. Wir werden schon jetzt gewillt sein, diesen auf Rechnung der Wechselströme zu setzen. Für die Richtigkeit dieser Annahme wird der nächste § die Beweise bringen.

§ 8. Wirkung von Wechselströmen einer constanten Kette.

Ein Poggendorff'scher Inversor, welcher mit der Hand möglichst schnell gedreht wurde, unterbrach den Strom einer Kette von 17 kleinen Grove.

Wirkte dieser auf Glaspulver, Kohle, Tusche und Carmin, welche in Wasser vertheilt waren, so behielt jedes Theilchen denselben Platz, welchen es vor der Einwirkung des Stromes inne gehabt hatte, auch während der Zeit, in welcher der Strom das Präparat durchfloss.

Es zeigte sich ferner, dass die Theilchen zwischen den Stanniolpolen in den schon oft beschriebenen, regelmässigen Curven angeordnet waren, als ich durch Anwendung einer 60-fachen Vergrösserung einen grösseren Theil des Präparates mit einem Male zu überblicken im Stande war.

Dabei richteten sich die Theilchen so, dass ihre Längsaxe in der Richtung der gebildeten Curven lag.

Durch die in diesem Paragraphen geschilderten Versuche hat sich also gezeigt, dass die Wirkung der Inductionswechselströme (§ 1) und der Wechselströme einer constanten Kette die gleichen sind. Sie zeigen aber vor allem anderen,

---

1) Inductions-Schliessungsschläge von genügender Stärke werden dieselben Erscheinungen hervorrufen.

dass der Stillstand des Curvensystems als eine Function der Wechselströme betrachtet werden darf.

§ 9. Wirkung von Inductions-Wechselströmen mit Helmholtz'scher Anordnung.

Bei Anwendung von Inductions-Wechselströmen, deren Schliessungs- und Oeffnungsstrom in Verlauf und Intensität nahezu gleich waren, [1]) erhielt ich weder Richtung noch Anordnung noch Stillstand der Theilchen.

Die grossen Theilchen blieben trotz der Einwirkung des Stromes unbeweglich auf ihrem Platze liegen. [2]) Die kleinen Theilchen pendelten mit sehr geringer Amplitude um eine Gleichgewichtslage hin und her. Sie hatten ihren Ort, der durch ein Hartnack'sches Ocularmikrometer markirt wurde, beim Aufhören des Stromes nicht merkbar gewechselt. Für diese Versuche benutzte ich dasselbe Schlitteninductorium, welches mir die in § 1 beschriebenen Erscheinungen finden half.

Die Phaenomene änderten sich nicht, als ich statt fünf kleiner Grove deren zehn anwandte. Ohne die secundäre Spirale des Apparates zu gefährden konnte ich den Strom im primären Kreise nicht weiter verstärken. Ein grösseres Inductorium stand mir nicht zur Verfügung.

Die benutzten Ströme waren wahrscheinlich nicht stark genug um die Phaenomene der Richtung u. s. w. hervorzurufen.[3])

§ 10. Erklärungsversuche.

Die geschilderten Erscheinungen der Richtung und des Stillstandes des Theilchen[4]) werden verständlich, wenn wir mit

1) Vergl. E. du Bois-Reymond, Monatsberichte der Berliner Akademie. 1862. S. 372 ff.

2) Ein Druck mit einer Nadel auf das Deckgläschen überzeugte mich, dass sie leicht beweglich waren.

3) Siehe E. du Bois-Reymond, a. a. O. S. 402, letzter Absatz.

4) Ich bemerke ausdrücklich, dass die durch constante und intermittirende Kettenströme, ferner durch die Oeffnungsschläge auftretenden Fortführungserscheinungen (anaphorischen Wirkungen) durch die folgende Annahme nicht erklärt werden. Sie haben auch wahrscheinlich mit den Phaenomenen der Richtung u. s. w. wenig zu schaffen.

Faraday annehmen, dass jedes vom Strome getroffene Theilchen (Leiter, Halbleiter, Nichtleiter) durch denselben dipolarelektrisch geladen wird.

In dem Wassertropfen, welcher von einem Inductions-Oeffnungsschlage oder von den Wechselströmen einer constanten Kette oder von den Wechselströmen des Schlitteninductoriums durchflossen wird, befinde sich ein einzelnes Theilchen. Dasselbe (Glassplitter, Metalltheilchen) sei in einer Richtung des Raumes (in der Längsrichtung) vorwiegend ausgebildet. Die durch Vertheilung (Faraday) getrennten Elektricitäten häufen sich an seinen beiden Polen an. Bildet nun das Theilcben mit der Richtung des Stromes einen Winkel, welcher kleiner[1]) als 2 R ist, so muss es sich „richten". Es muss sich so lange drehen, bis sein positiver Pol dem negativ geladenen Stanniolpole gegenüber steht, sein negativ geladener Pol dem positiv geladenen. Die Drehung wird aber veranlasst durch die Anziehung, welche die Pole ungleichen Vorzeichens auf einander ausüben.

Diese Richtung fällt für Körper von Kugelgestalt (Lykopodium, Gasblasen) natürlich weg.

Befinden sich nun mehrere Theilchen in dem vom Stromstosse getroffenen Wassertropfen, so wird ein Theilchen das andere anziehen müssen. Hierdurch wird eine Kette von Theilchen entstehen, deren entgegengesetzt geladene Pole einander zugekehrt sind, welche selbst aber wiederum von den entgegengesetzt geladenen Stanniolpolen angezogen worden sind.

Dies alles gilt für den Fall, dass ein einzelner kurzdauernder Stromstoss die in Wasser suspendirten Theilchen getroffen hat, auf dessen Richtung es selbstverständlich nicht ankommt.

Wechselt nun die Richtung der auf das Präparat wirkenden kurzdauernden Ströme in jedem Augenblick, so wird die durch den ersten Stromstoss bewirkte Anziehung und Richtung der Theilchen durch den zweiten, dem ersten entgegengesetzt ge-

---

1) Der Fall, dass der Winkel >2 R ist, kommt für die mitgetheilten Versuche nicht in Betracht. Natürlich gelten dieselben Gesetze auch für ihn.

richteten Stromstoss keine Aenderung erfahren können, da der zweite Stromstoss nur das Vorzeichen der Pole umdreht. Die Theilchen brauchen aber unter dem Einflusse des zweiten Stromstosses ihren Ort nicht mehr zu verändern, da sie sich durch den ersten Stromstoss bereits an dem Orte befinden, an welchen sie die anziehenden oder abstossenden Kräfte je zweier Nachbar-Pole von entgegengesetztem Vorzeichen geführt haben. Alle folgenden Stromstösse wirken in gleicher Weise.[1])

So wäre also mit Hülfe unserer Annahme die Richtung der Theilchen und ihr Stillstand erklärt.

Was bedeuten ferner die Curven, in welchen sich die Theilchen anordnen? Sie sind, wie ich meine, die Stromcurven. Sie geben an, auf welchem Wege der Strom das Präparat durchfliesst, dessen in Wasser suspendirte Theilchen in unseren Versuchen die Stromvertheilung in gleicher Weise sichtbar machen wie die durch den Strom fortgeführten und glühend gemachten Partikelchen der Elektroden im elektrischen Ei.[2])

Dass endlich die beschriebenen Erscheinungen ausbleiben, sobald der Leitungswiderstand der Flüssigkeit durch Hinzufügung von NaCl oder H_2SO_4 verringert wird, verträgt sich auf's Beste mit unserer Annahme. In diesem Falle wird der Strom an den Theilchen vorbeigehen ohne sie zu laden, da er sich leichter (schneller?) in der Flüssigkeit ausbreiten kann als in den Theilchen, welche ihm einen grösseren Widerstand entgegensetzen als die Flüssigkeit. Diese bildet gewissermaassen eine gut leitende Nebenschliessung zu den Theilchen.

§ 11. Schluss.

Die vorstehende Arbeit ergiebt die folgenden Resultate:

1) Materielle, in Wasser oder alkoholhaltigem Wasser be-

---

1) Die wirbelnden Bewegungen der Metalltheilchen unter dem Einflusse der Wechselströme habe ich schon oben durch die von ihnen ausgehende Gasentwickelung zu erklären versucht.

2) Ob die von Holtz (Poggendorff's Annalen u. s. w. Ergänzungsband VII, S. 492) beschriebenen Curven mit den meinigen identisch sind, kann ich aus der kurzen Beschreibung nicht mit Sicherheit ersehen.

findliche Theilchen, welche in Wasser unlöslich sind, werden durch kurzdauernde, elektrische Ströme dipolar-elektrisch geladen.

2) Es existirt eine dielektrische Polarisation (Faraday).[1]

3) Durch diese dipolar-elektrische Ladung, welche mit dem Verschwinden des vertheilenden Stromes aufhört, werden feine Metallsplitterchen befähigt, das Wasser in ihrer Umgebung zu zersetzen.

4) Die dipolar-elektrische Ladung bewirkt, dass sich Theilchen von länglicher Gestalt mit ihrer längsten Axe in die Richtung des Stromes stellen. Runde Theilchen richten sich nicht.

5) Die geladenen Theilchen ordnen sich bei Wirkung einzelner Inductions-Oeffnungsschläge erst allmählich, schneller bei Wirkung von Inductions-Wechselströmen und von Wechselströmen einer constanten Kette in den Stromcurven an. Hierbei stellt sich die längste Axe des Theilchens in die Richtung der Stromcurven.

6) Kurzdauernde Wechselströme bewirken einen Stillstand des Curvensystems, in welchem sich die gerichteten Nichtleiter und Halbleiter angeordnet hatten. Die Leiter gerathen unter dem Einflusse derselben Ströme in wirbelnde Bewegung.

7) Alle in Nr. 1) bis Nr. 6) beschriebenen Erscheinungen bleiben aus, sobald der Leitungswiderstand der Flüssigkeit, in welchem sich die Theilchen befanden, durch Zusatz von Kochsalz oder von Schwefelsäure verringert wird.

Strassburg i. E., November 1876.

---

1) Zu demselben Resultate kommt auch E. Root (Poggendorff's Annalen u. s. w. 1876) von dessen Arbeit ich leider erst Kenntniss erhielt, als mich äussere Gründe zwangen, meine Versuche vorläufig abzubrechen.

Ueber den Musculus atlantico-mastoideus.

Von

Dr. Wenzel Gruber,

Professor der Anatomie in St. Petersburg.

Hierzu Taf. XVIII. A.

J. B. Winslow[1]) erwähnt unter: „Les muscles, qui meuvent particulièrement la teste sur le tronc" auch „Les petits accessoires ou surnuméraires". Von diesen beschreibt er einen nach ihm „quelquefois" vorkommenden Muskel, welcher mit dem einen Ende an die Spitze des Processus transversus des Atlas mit dem anderen Ende hinter (derrière) dem Processus mastoideus sich befestigt. J. Bankart, P. H. Pye-Smith a. J. J. Phillips[2]) erwähnen eines Beispieles desselben Muskels. Sie lassen den kleinen Muskel vom Processus transversus des Atlas aufwärts zum Processus mastoideus zwischen den Musculus digastricus maxillae inferioris und M. obliquus capites superior (upwards to the mastoid process between the digastricus and obliquus superior) gehen.

Die Muskeln von Winslow und Bankart u. s. w. sind unser M. atlantico-mastoideus. Die von Winslow angegebene Ansatzart des Muskels ist die Ausnahme und von der Ansatzart, welche Bankart u. s. w. angegeben hatten, ist entweder das Erstere (an den Processus mastoideus) oder das Letztere (zwischen dem Digastricus und Obliquus superior) unrichtig, weil der Muskel, wenn er an den Processus mastoideus sich inserirt, sich nicht zwischen dem Digastricus und Obliquus superior ansetzen kann und umgekehrt.

---

1) Exposition anat. de la structure du corps humain. Paris 1732 4° p. 245. § 735.

2) „Notes of abnormalities observed in the dissecting room during the Winter-Sessions of 1866—1867 and 1867—1868. — Guy's Hospital Reports Ser. III Vol. XIV. London 1869. 8°. p. 438. —

Der Muskel gehört aber zu den häufiger vorkommenden anomalen Muskeln, ist deshalb werth, genauer gekannt zu sein. Ich habe deshalb über ihn Untersuchungen geflissentlich vorgenommen, deren Resultate ich im Folgenden vorlege:

Vorkommen.

Zur Bestimmung der Häufigkeit des Austretens des Muskels hatte ich 50 Cadaver (45 männl. u. 5 weibl.) untersucht. Der Muskel war an elf, und zwar an vier beiderseitig und an sieben nur linksseitig zugegen. — Darnach ist der Muskel etwa unter je 5 Cadavern an einem beiderseitig oder und fast noch einmal so oft einseitig, namentlich überwiegend häufiger linksseitig als rechtseitig, zu erwarten und zu den häufiger vorkommenden anomalen Muskeln zu zählen. —

Gestalt.

Der Muskel (*a*, *a'*) tritt meistens schmal oder breit-bandförmig oder strangförmig; aber auch spindelförmig oder länglich-dreiseitig auf. Im ersteren Falle verbreitet er sich gegen das obere Ende (häufiger) oder gegen das untere, oder gegen beide (bisquitförmig); in den letzteren Fällen verschmälert er sich gegen das untere Ende. Er ist von aussen nach innen und vorn (gewöhnlich) aber auch von hinten nach vorn, also in sagittaler Richtung (ausnahmsweise), comprimirt. Er ist an einem oder an beiden Enden sehnig-fleischig, an einem oder an beiden Enden mit einer kürzeren oder längeren, plattrundlichen oder bandförmigen Sehne, oder kürzeren oder längeren Aponeurose, die am oberen stark ist, versehen. Er kann am Ansatzende fast ganz fleischig sein und am Ursprungsende Fleischbündel der am Processus transversus des Atlas sich inserirenden oder von da entspringenden Zacken der Cervicalmuskeln, namentlich vom M. transversalis cervicis aufnehmen. (Fig. 1, 2, 5.) Die Länge seiner Endsehnen oder Endaponeurosen, namentlich am Ansatze, kann bis auf $^1/_6$—$^1/_3$ der Länge des Muskels steigen.

Lage.

In der Tiefe der hinteren Partie der Regio-mastoidea am oder selbst in dem Dreiecke, welches aussen und vorn vom hinteren Rande des Processus mastoideus und einer von dessen Spitze zum Processus transversus des Atlas vertical abwärts gezogen gedachten Linie und hinten vom M. obliquus capitis superior begrenzt wird. Ueber ihm liegen drei Muskelschichten, d. i. Mm. sterno-cleidomastoideus, splenius capitis und trachelomastoideus. Der M. trachelo-mastoideus immer und der M. splenius capitis bisweilen (oben) sind es, welche ihn zunächst bedecken.

Ursprung.

Von dem Endrande des Processus transversus des Atlas, abwärts vom Ursprunge des M. obliquus capitis superior zwischen ihm und dem M. rectus capitis lateralis fleischig-sehnig, oder mit einer verschieden starken und langen oder kurzen bandförmigen Sehne, oder mit einer gewöhnlich dünnen Aponeurose von verschiedener Höhe und Breite, welche durch ihren Zusammenhang mit einer oder mehreren oder allen hier inserirten Zacken der Mm. scalenus medius, levator anguli scapulae, splenius capitis et transversalis cervicis, bei vor- und rückwärts gerichteten Flächen, auf- und abwärts gekehrten Rändern gegen die Mittellinie und abwärts gespannt erhalten wird; ausnahmsweise vom Tuberculum posterius superius und dem hinteren oberen Rande des Processus transversus zwischen dem M. obliquus capitis superior und dem M. rectus capitis lateralis. (Fig. 4.)

Verlauf.

Vom Processus transversus fast gerade rück- oder schräg rück- und auf- und wenig auswärts, entweder das beschriebene Dreieck seiner Lagerung schräg kreuzend (gewöhnlich) oder durch dessen Mitte (Fig. 3) und selbst in seiner Tiefe (Fig. 4) zur Pars mastoidea in verschiedene Höhe der letzteren, selbst bis über das hintere obere Ende der Incisura mastoidea und bis zum Foramen mastoideum (davon aussen und vorn) und in verschiedene Höhe zum Ansatzende des M. obliquus capitis superior (bis 8 Mm. unter letzterem) aufwärts, bei sehr varirender Divergenz vom letzteren Muskel, die nur 2—3 Mm. aber auch 1·7 Ctm. betragen kann.

Ansatz.

Fast ganz fleischig, oder sehnig-fleischig, oder mit einer platt-rundlichen Sehne oder mit einer starken, verschieden langen und breiten Aponeurose immer nur an die Pars mastoidea des Temporale, und zwar: entweder an den hinteren Rand des Processus mastoideus oder an den äusseren Rand der Incisura mastoidea (Fig. 1, 5, 6), also auswärts vom Digastricus maxillae inferioris (meistens); oder an diesen und zugleich an den Umfang des hinteren oberen Endes der Incisura mastoidea (Fig. 2); oder an letzteren Umfang allein (Fig. 3) also über dem Ende des Digastricus; oder an die Crista mastoidea, zwischen der Incisura mastoidea und dem Sulcus arteriae occipitalis (Fig. 4), also einwärts von der Incisura mastoidea und dem Digastricus und auswärts von der Art. occipitalis. Der Ansatz geht in verschiedener Höhe über der Spitze des Processus mastoideus vor sich, kann schon 2—3 Mm. aber auch erst 1·7 Ctm. darüber beginnen. Die Länge der Ansatzlinie ist gleichfalls sehr variabel. Diese kann 3—18 Mm. betragen.

Grösse.

Die Länge variirt: von 2·0 oder 2·2 Ctm. bis 5·0 oder 5·5 Ctm.; die Breite: an der Mitte von 0·2—1·0 Ctm., am oberen Ende von 0·3—1·8 Ctm., am unteren Ende von 0·2—2·4 Ctm.; die Dicke: am Fleischbauche von 1—4 Mm., an der Sehne bis 1 Mm.

Der kleinste Muskel war 2·0—2·2 Ctm. lang, 2—3 Mm. breit und 1—1·5 Mm. dick. Ein Beispiel des grössten Muskels war 5·5 Ctm. lang; in der Mitte 1 Ctm., am Ursprunge 0·8, am Ansatze 1·8 Ctm. breit und bis 4 Mm. dick; ein anderes Beispiel war 3·8 Ctm. lang, in der Mitte 1·0 Ctm., am Ursprunge 2·0 Ctm., am Ansatze 1·6 Ctm. breit; 2—3 Mm. dick u. s. w.

Bedeutung.

Der Musculus rectus capitis lateralis inserirt sich an den Processus jugularis des Occipitale, der beschriebene Muskel an die Pars mastoidea des Temporale — ersterer ist somit ein M. atlantico-occipitalis, letzterer der M. atlantico-mastoideus. Der Processus jugularis des Occipitale und die Pars mastoidea des Temporale sind aber nach Rich. Owen[1]) der Parapophyse (=Processus transversus) eines Wirbels homolog, also ist ersterer der Processus transversus des Occipitalwirbels, letztere der des Parietalwirbels des Schädels.

Ist dem so, so ist der M. atlantico-mastoideus auch ein M. rectus capitis lateralis, hat, wie der gewöhnliche, die Bedeutung eines M. intertransversarius, ist aber ein M. intertransversarius zwischen dem Atlas und dem Parietalwirbel, während der gewöhnliche M. rectus capitis lateralis einen M. intertransversarius zwischen dem Atlas und dem Occipitalwirbel des Schädels darstellt. Beim Vorkommen des M. atlantico-mastoideus handelt es sich daher nicht blos um Duplicität des M. rectus capitis lateralis der Norm, sondern um einen davon verschiedenen supernumerären Muskel, welchen ich zugleich mit der wahren Duplicität des ersteren auftreten gesehen habe. —

Besonderheiten.

In einem Falle linkseitigen Vorkommens des Muskels war beiderseitig der M. rectus capitis anticus medius, in einem anderen Falle linkseitigen Vorkommens desselben war an derselben Seite Duplicität des M. rectus capitis lateralis (mit supernumerärem, innerem Muskel); in einem dritten Falle bei beiderseitigem Vorkommen desselben (Fig. 5) war ein sehr kleiner M. rectus capitis minor der rechten Seite (*f*); in einem vierten Falle beiderseitigen Vorkommens desselben (Fig. 6)

---

1) Principes d'ostéologie comparée ou Recherches sur l'archétype et les homologies du squelette vertébré. Paris 1855. 8°. p. 284.

waren die Ansätze der Mm. obliquus capitis superiores (*e e'*) 6 Ctm. weit von einander abgestanden, die Mm. recti capitis postici minores (*f, f'*) sehr breit (3·8 Ctm.) und jederseits seitlich ein schmaler supernumerärer M. rectus capitis minor (*g, g'*) vorgekommen, wie ich schon Fälle mitgetheilt habe.[1]) Jeder Muskel war in einem Falle 4 Ctm. lang, am Ursprunge 3·5 Mm., am Ende 6—8 Mm. breit. Er hatte eine länglich-dreiseitige oder platt-spindelförmige Gestalt, wies an jedem Ende eine starke Sehne und einen fleischig-sehnigen Bauch auf. Er hatte seinen Ansatz neben dem Rectus capitis posticus minor unter dem äusseren Theile des Rectus major und mittelbar unter und vor dem Obliquus superior. In einem fünften Falle des Vorkommens desselben hatte der M. rectus capitis posticus minor der rechten Seite mit dem innersten, isolirten Bündel durch eine rundliche Sehne von dem Processus spinosus des Epistropheus seinen Ursprung genommen. Unter den zur Untersuchung des Atlantico-mastoideus verwendeten Cadavern war an drei (beiderseitig oder einseitig) das innerste, einfache oder wieder getheilte Fleischbündel des Rectus major fast ganz separirt.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1—4.

Regio mastoidea der linken Seite mit nächster Umgebung.

Fig. 5—6.

Regio occipitalis mit der beiderseitigen Regio mastoidea und der obersten Partie der Regio cervicalis.

Bezeichnung für alle Figuren.

1. Pars mastoidea des Os temporale.
2. Os occipitale.
3. Theile des Atlas.
4. Theile des Epistropheus.

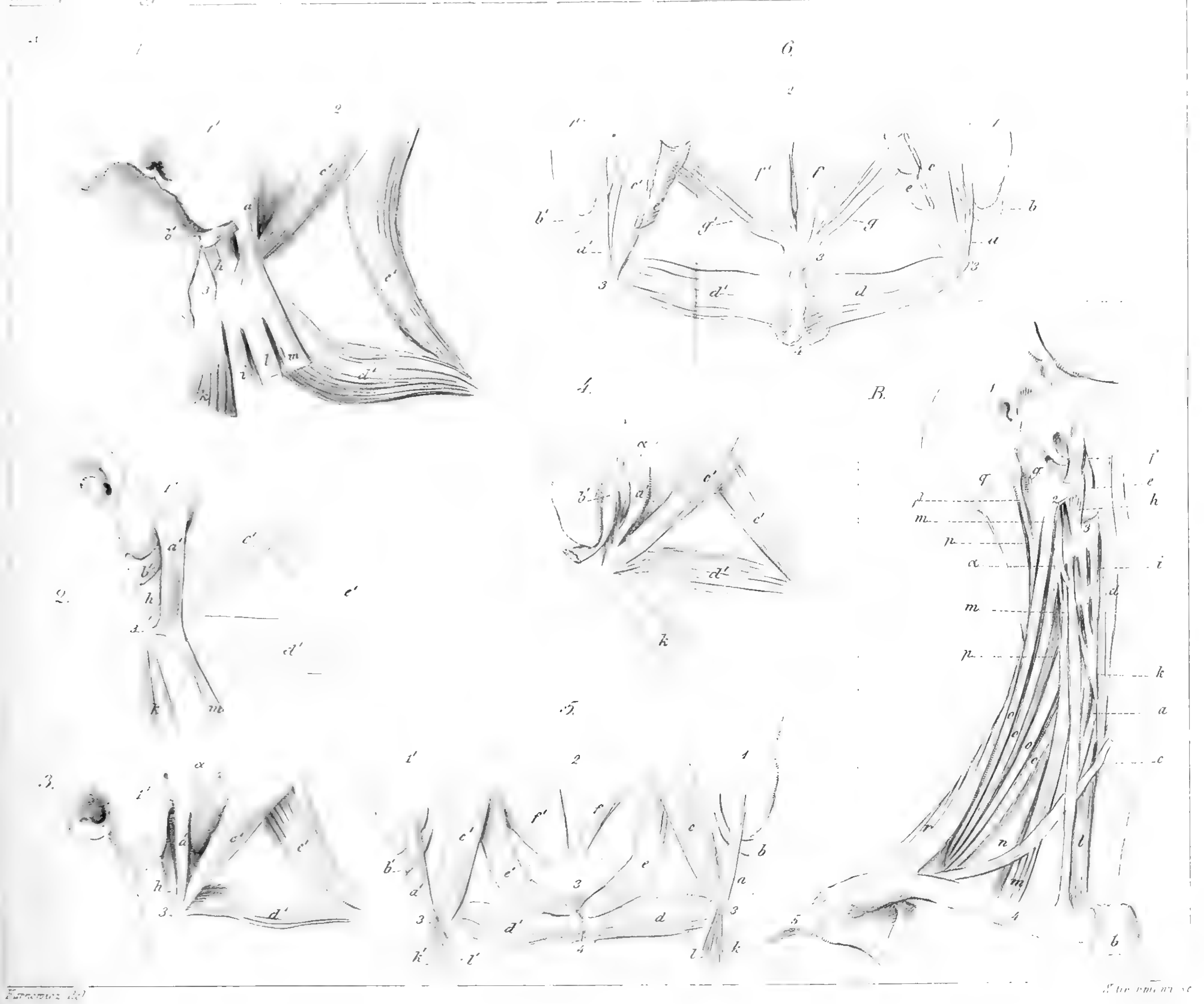
α. Christa mastoidea.
a. a'. Musculus atlantico-mastoideus.
b. b'. „ digastricus maxillae inferioris.
c. c'. „ obliquus capitis superior.
d. d'. „ obliquus capitis inferior.
e. e'. „ rectus capitis posticus major.
f. f'. „ rectus capitis posticus minor.

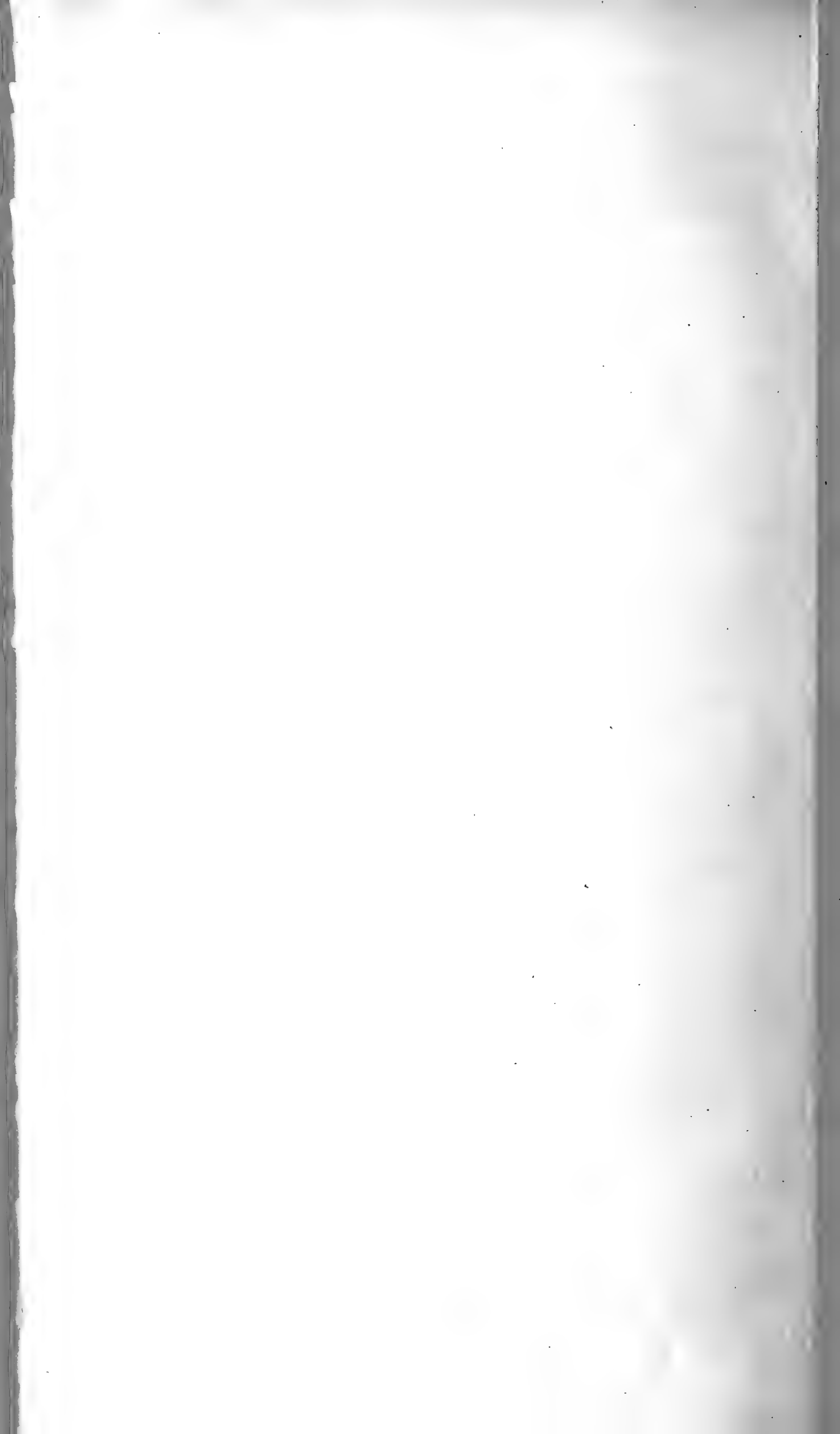
---

1) W. Gruber: Abhandlungen a. d. menschl. und vergleich. Anatomie. St. Petersburg, 1852. 4°. S. 125.

g. g'. Musculus rectus capitis posticus minor supernumerarius.
h. „ rectus capitis lateralis.
i. Zacke des M. scalenus medius.
k. k'. „ „ „ levator anguli scapulae.
l. l'. „ „ „ splenius colli.
m. „ „ „ transversalis cervicis.

Institut für die practische Anatomie.
St. Petersburg i. Juni 1876.





Ein Musculus cleido-epistrophicus bei Existenz des Musculus cleido-mastoideus der Norm.

Von

Dr. Wenzel Gruber,

Professor der Anatomie in St. Petersburg.

(Hierzu Taf. XVIII. B.)

Ueber zwei von mir schon vor 1847 beobachtete Fälle dieser Species der supernumerären Musculi cleido-cervicales s. trachelo-claviculares hatte ich schon vor 29 Jahren in Kürze berichtet und daselbst auch angegeben, dass an der Stelle der Insertion dieses Muskels an die Clavicula, an letzterer ein Höcker vorkommen könne.[1])

Trotzdem seit jener Zeit eine Reihe Fälle der Mm. cleido-cervicales zur Beobachtung gekommen waren, so hat man, so viel ich weiss, diese von mir zuerst angegebene Species denn doch nicht wieder gesehen.[2])

Dies und die Behauptung mancher Anatomen, namentlich von J. Wood: „dass auch dieser Cleido-cervicalis s. Trachelo-clavicularis beim Menschen — Levator claviculae Wood, dem Levator claviculae Tyson, s. Acromio-trachélien Cuvier, s. Clavio-trachélien Duvernoy, bei den Säugethieren, welcher von dem Querfortsatze des Atlas und bisweilen von den Querfortsätzen der beiden folgenden Halswirbel entspringt, und an das Acnomion oder an dieses und die Clavicula, oder an die Acromialportion der letzteren, sich inserirt, analog, also eine

1) W. Gruber. Vier Abhandlungen a. d. Gebiete d. medic.-chir. Anatomie. Berlin 1847. 8°. S. 22.

2) Sieh: J. Wood. On a group of varieties of the muscles of the human neck, shoulder and chest, with their transitional forms and homologies in the mammalia. — Philos. Transact. of the roy. soc. of London. Vol. 160. Part 1. London 1870. 4°. Art.: „Levator claviculae“ p. 88. A. Macalister: A descriptive Catalogue of muscular anomalies in human anatomy. Dublin 1872. 4°. p. 21.

Thierbildung sei", veranlasst mich folgenden neuen von mir beobachteten und in meiner Sammlung aufbewahrten Fall zu veröffentlichen:

Vorgekommen am 28. April 1876 an der Leiche eines jungen Mannes an der rechten Seite.

Ein sehr langer, ziemlich breiter und starker, bandförmiger Muskel (*a*), welcher seinen Nerven vom Nervus cervicalis III. erhalten hatte.

Lage. Oben hinter dem cleido-mastoideus von der Vena jugularis interna bedeckt, weiter abwärts neben dem Cleido-mastoideus im Trigonum omotrapezoideum, hier vorn von der Vena jugularis externa posterior, noch weiter abwärts vor dem hinteren Bauche des Omohyoideus und abwärts davon über dem Trigonum omo-claviculare, auswärts und in Distanz vom Cleido-mastoideus, an seiner Insertion von dem bogenförmig gekrümmten Endstücke der zur Vena subclavia tretenden Vena jugularis externa posterior seitwärts umgeben.

Ursprung. Mit einer bandförmigen, 6 Mm. breiten, am inneren Rande 1·4 Ctm. und am äusseren Rande 3 Ctm. langen Sehne von der vorderen Seite der vorderen Wurzel des Processus transversus des Epistropheus (3) zwischen der Sehne des Intertransversarius anticus I. (*h*), die sich einwärts von der unseres Muskels am oberen Rande dieses Processus ansetzt, und zwischen der Ursprungssehne des Scalenus medius (*m*) von diesem Wirbel, am unteren Rande rückwärts und auswärts davon, welche sie von der Ursprungssehne des Bündels des Levator anguli scapulae (*o*) von diesem Wirbel scheidet. An der vorderen und äusseren Partie der vorderen Fläche dieser Sehne etwa in der Mitte ihrer Länge endet ein Fleischbündel (*α*) von dem vom Querfortsatze des Atlas entspringenden Bündels des Scalenus medius (*m*).

Verlauf. Vom Querfortsatze des Epistropheus vor dem unteren Bauche des Omo-hyoideus (*c*), diesen kreuzend, fast gerader zur Clavicula (4), neben der Insertion des Cleido-mastoideus (*b*) abwärts; oben zwischen dem Rectus capitis anticus major (*d*) und dem Scalenus medius (*m*) unten: vor dem äusseren Theile des Scalenus anticus in grosser Distanz (*l*), und auswärts vom Cleido-mastoideus (*b*), aber tiefer als letzterer gelagert.

Ansatz. Mit einer 1·5 Ctm. breiten und kurzen Sehne am hinteren oberen Rande der Clavicula, 1·1 Ctm. auswärts von dem Ursprunge des Cleido-mastoideus an ihrer oberen Fläche, und 5 Ctm. auswärts von dem Sternalende der Clavicula, die nach dem Abstande ihrer Enden gemessen 15 Ctm., nach ihrer Krümmung gemessen 16 Ctm. lang ist, also neben innerem Drittel der Länge der Clavicula und um die Breite der oberen Fläche der letzteren mehr rückwärts, als der Cleido-mastoideus.

Grösse. Seine Länge beträgt 14 Ctm., wovon 1·4 Ctm. auf die Ursprungssehne kommen; seine Breite beträgt am

Ursprunge: 0·6 Ctm., an der Mitte: 1·4 Ctm., über der Insertion: 1 Ctm., an der Insertion: 1·5 Ctm.; seine Dicke: bis 5 Mm.

Bedeutung. Einen Fall von Cleido-cervicalis s. Trachelo-clavicularis imus, welcher an der rechten Seite eines männlichen Körpers bei Mangel beider Omohyoidei vorgekommen war, hatte W. G. Kelch[1]) beobachtet. Der ¼ Zoll breite Muskel war von dem unteren Rande des Processus transversus des sechsten Halswirbels, nahe an der Spitze des ersteren, entsprungen und hatte sich an die untere Fläche des Schulterendes der Clavicula inserirt. Einen ähnlichen Fall hatte auch ich[2]) angetroffen. Einen Fall von Cleido-cervicalis s. Trachelo-clavicularis inferior hatte Fr. W. Theile[3]) an der rechten Seite eines Mannes, von seinem Entdecker als Verdoppelung des Scalenus anticus gedeutete Muskel war von den Querfortsätzen des vierten und fünften Halswirbels fleischig-sehnig entsprungen, war nach unten und aussen verlaufen, vor dem unteren Bauche des Omohyoideus hinweggegangen und hatte sich zollbreit an der Mitte des oberen Randes des Schlüsselbeines, nach aussen von den Kopfnickern, angesetzt. M.'Whinnie[4]) hatte in einem Falle die erste vom Atlas kommende Portion des Levator scapulae als besonderen Muskel-Cleido-atlanticus (Cleido-cerviculis s. Trachelo-clavicularis supremus) — auftreten und an die Clavicula mit dem vorderen Rande des Cucullaris ansetzen gesehen, und ich[5]) habe einen Cleido-atlanticus am inneren Drittel der Clavicula inserirt angetroffen. M.'Whinnie[6]) hatte in einem anderen Falle eine wirklich beträchtliche Portion — Cleido-cervicalis s. Trachelo-clavicularis — mit dem (with it) Levator scapulae von den Querfortsätzen der Halswirbel (welchen?) entstanden und an die Mitte der Clavicula, dicht an der äusseren Seite des Sterno-cleido-mastoideus, inserirt angetroffen. J. Wood[7]) hat den

1) Beiträge zur pathologischen Anatomie. Berlin 1813. 8° min. S. 32. Nr. XXIV.

2) Dies Archiv: „Musculus cleido-cervicalis imus".

3) Lehre von den Muskeln. Leipzig 1841. S. 170.

4) „On the anomalies in the muscular system of the human body" — The London medical Gazette. New-Series. Vol. II. London 1846. p. 194. Art. „Levator claviculae".

5) Dies Archiv.

6) A. a. O.

7) a. Op. cit. 1870, p. 88. Art.: „Levator claviculae muscle".

b. „On some varieties in human myology" — Proceed. of the roy. soc. of. London. Vol. XIII. London 1864, p. 300 — (Bei zwei Subjecten beiderseitig von den Processus transversus des dritten und vierten Halswirbels (arising with the levator anguli scapulae) zum äusseren Drittel der Clavicula unter dem Cucullaris).

c. „Additional varieties in human myology". — Daselbst Vol. XIV. 1865, p. 379—370, Fig. 1a. (Bei einem Subjecte beiderseitig von dem Tuberculum posterius des dritten und vierten Halswirbels, ver-

Cleido-cervicalis s. Trachelo clavicularis superior, welchen er beim Menschen, wie Tyson bei den Affen: „Levator claviculae“ nennt, unter 202 Subjecten (131 männl. und 72 weibl.) an sechs (5 männl. und 1 weibl.) angetroffen. Bei 3 Subjecten war der Muskel beiderseitig, bei zwei nur linkseitig und noch an einem männlichen Individuum an der linken Seite, wo er vom Processus transversus des dritten Halswirbels kam und in der Fascie, hinter der Clavicula endete, zugegen. Der Muskel war gewöhnlich 1—1½ Zoll breit, entsprang mit zwei oder mehreren Digitationen von den Querfortsätzen des ersten und zweiten, zweiten und dritten, dritten und vierten Halswirbels, gemeinschaftlich mit dem Ursprung des Levator anguli scapulae, oder vor diesem Ursprunge (in common with and in front of the origin of the levator anguli scapulae). Er kreuzte das Trigonum colli posterius schief und inserirte sich fleischig-sehnig am mittleren oder äusseren Drittel der Clavicula an der medianen Seite oder hinter den Fasern des Cucullaris. A. Macalister[1]) hatte bei einem weiblichen, mageren Subjecte auch einen Cleido-cervicalis superior angetroffen, welcher von den oberen Halswirbeln seinen Ursprung und am äusseren Drittel der Clavicula, hinter dem Cucullaris seinen Ansatz genommen hatte.

Vergleicht man die angegebenen Fälle mit einander und mit dem Cleido-epistrophicus (mihi), so ergiebt sich Folgendes:

1. Der Musculus cleido-cervicalis s. trachelo-clavicularis war in den zwei Fällen seines Vorkommens als Cleido-atlanticus entweder durch die oberste Zacke des Levator scapulae, welche sich mit dem Cucullaris an die Acromialportion der Clavicula inserirte, repräsentirt (M'Whinnie erster Fall) oder ein Muskel, welcher vor und neben der Zacke des Scalenus medius entstanden war und an die Sternalportion der Clavicula neben dem Cleido-mastoideus sich inserirt hatte. (Gruber.)

2. Derselbe stand in den drei Fällen seines Vorkommens als: Cleido-epistrophicus (Gruber) mit dem Levator scapulae in keiner Beziehung, entstand vor der Zacke des Scalenus medius und inserirte sich neben dem Cleido-mastoideus.

3. Derselbe war, wenn er von einem oder mehreren

---

einiget mit den Bündeln des Levator scapulae (arising with the fibres of the levator scapulae, zum äusseren Drittel der Clavicula, hinter dem Cucullaris).

d. „Variations in human myology“. — Daselbst. Vol. XV. 1867, p. 230. — (Bei zwei Subjecten linkseitig, bei einem von den drei oberen Halswirbeln vor dem (in front) Levator scapulae zur äusseren Hälfte der Clavicula, hinter den vorderen Bündeln des Cucullaris.

e. „On a group of a varieties of the muscles etc. — Daselbst. Vol. XVIII. 1870. — (Wiederholung des früher Angegebenen.) —

1) Op. cit. p. 21 (dann) „Notes on muscular anomalies in human anatomy“. — Proceed. of the roy. Jrisch-Academie 1866, p. 7. (Steht mir nicht zur Verfügung aber bei Wood, Philosoph. Transact. Vol. CLX. London 1870. p. 89.

oberen Halswirbeln (erster — vierter) seinen Ursprung genommen hatte, mit dem Levator scapulae verwachsen oder doch vor diesem und wenigstens am dritten und vierten Halswirbel vom Tuberculum posterius der Querfortsätze abgegangen und gewiss in der Regel an das äussere Drittel oder Hälfte der Clavicula neben und hinter dem Cucullaris inserirt (Wood's Fälle, Macalister's Fall, M'Whinnie's zweiter Fall?)

4. Derselbe war, wenn er vom vierten und fünften Halswirbel seinen Ursprung genommen hatte, immer von dem Tuberculum anterius der Querfortsätze abgegangen, konnte in keiner Beziehung zum Levator scapulae stehen, wenn er sich auch an verschiedenen Stellen der Clavicula und selbst an deren Schulterende inserirt hatte.

Ist dem nun so, so folgt, dass M'Whinnie's Cleido-atlanticus, vielleicht auch sein anderer Fall von Cleido-cervicalis; Wood's Fälle und Macalister's Fall von Levator claviculae beim Menschen analog sind dem Cleido-cervicalis s. Trachelo-clavicularis, (Clavio-trachélien) mancher Säugethiere z. B. dem beim Gorilla, Chimpanse, der wieder homolog ist dem Clavio-acromio-trachélien anderer Säugethiere, z. B. dem beim Orang-Utang (Duvernoy) und Acromio-trachélien noch anderer derselben; dass aber mein Fall von Cleido-atlanticus, meine Fälle von Cleido-epistrophicus, Theile's Fall von Cleido-cervicalis inferior und Kelch's und mein Fall von Cleido-cervicalis imus mit dem Cleido-cervicalis (Clavio-trachélien) der Säugethiere nichts zu thun haben.

Dass der Cleido-cervicalis (Clavio-trachélien u. s. w.) bei den Säugethieren, wie M'Whiennie's, Wood's und Macalister's Levator claviculae beim Menschen zum Levator scapulae in Beziehung steht, kann nicht bestritten werden. Der Acromio-trachélien der Säugethiere wurde ja von G. Cuvier [1]) früher dahin gerechnet und der Acromio-trachélien, welchen Cuvier et Laurillard [2]) beim Neger, sowohl als mit drei Zacken von den Querfortsätzen der drei oberen Halswirbel entsprungen, und an der Scapula inserirt, abgebildet haben, ist weiter nichts als die äusserste und vorderste, selbständig gewordene Portion des Levator scapulae — Omo-trachélien ou Trachelo-scapulien, — auch ist M'Whinnie's Cleido-atlanticus beim Menschen die ein selbständiger Muskel gewordene, aber an die Clavicula inserirte oberste Zacke des Levator scapulae.

Dass Kelch's, Theile's und meine Fälle von Cleido-cervicales ihrem Ursprunge nach wohl mit den Scaleni, aber nicht mit dem Levator scapulae, in Beziehung gestanden haben und daher keine Analoga des Cleido-cervicalis (Clavio-trachélien) der Säugethiere sein können, ergiebt sich aus den

---

1) Leç. d'anat. comp. 2. Edit. Tom. I. Paris 1835. p. 371.

2) Anat. comp. recueil de Planches de Myologie. Paris 1849. Pl. VII. Fig. 1 et 2, d.

obigen Angaben. Dass Kelch's und mein Fall von Cleido-cervicalis imus und Theile's Fall von Cleido-cervicalis inferior wohl nur verirrte supernumeräre Scaleni waren, ist mit Wahrscheinlichkeit anzunehmen, und dass mein Fall von Cleido-atlanticus und meine Fälle von Cleido-epistrophicus nur die Bedeutung von selbständigen Muskeln gewordene supernumerären Bündeln des Cleido-mastoideus haben, die statt des Processus mastoideus den Atlas oder Epistropheus zum Ursprunge wählten, wird durch die von mir gemachte Beobachtung des Auftretens den ganzen Cleido-mastoideus beim Menschen als Cleido-epistrophicus gestützt.[1])

— Es giebt somit Mm. cleido-cervicales s. trachelo-claviculares beim Menschen, welche als Thierbildungen gedeutet werden können, und andere Mm. cleido-cervicales, worunter auch der von mir nachgewiesene Cleido-epistrophicus gehört, die bestimmt keine Thierbildungen und nur dem Menschen eigen sind. Ob beide Arten der supernumerären Mm. cleido-cervicales beim Menschen gleich interessant oder nur die nach der modernen Anschauung von Interesse sind, welche auch beim lieben Vieh vertreten sind, ist Geschmackssache. —

Besonderheiten. An der Leiche mit dem beschriebenen M. cleido-epistrophicus war beiderseitig der M. rectus capitis anticus medius und rechtseitig auch der supernumeräre M. transversalis cervicis anticus (*k*) zugegen, welcher schon von S. Th. Sömmering[2]) erwähnt, von Retzius[3]) als ein Muskel angegeben worden war, der, verborgen mit dem Longus colli verbunden, vom Processus obliquus des sechsten, fünften und vierten Halswirbels entspringt und am dritten, zweiten und ersten Halswirbel sich inserirt, 21 Jahre später von Luschka[4]) fälschlich wie ein Muskel der Norm beschrieben worden war, welcher von der Spitze der vorderen Spange der Querfortsätze der vier unteren Halswirbel mit dünnen, sehnigen Bündeln entspringt und mit zwei sehnig-fleischigen Zipfeln unter der oberen Gelenkfläche des Epistropheus und gegen die Basis vom Querfortsatze des Atlas sich inserirt.

Ueber den Rectus capitis anticus medius werde ich[5]) besonders handeln. Was den Transversalis cervicis anticus anbelangt, so war dieser vom Tuberculum anterius des Querfortsatzes des sechsten und fünften Halswirbels entsprungen und hatte sich an das Tuberculum anterius des Querfortsatzes des

1) Dies Archiv.

2) Vergl. Baue des menschl. Körpers. Th. III. Frankfurt a. M. 1800. S. 229.

3) Forhandlinger, ved de Scandinavisk Naturforsk. 1841. p. 767. (Bei Macalister. — A descriptive Catalogue etc. p. 44. —)

4) Die Anatomie d. menschl. Körpers. Bd. I. Abth. I. Tübingen 1862. S. 76.

5) Dies Archiv.

dritten Halswirbels und vereiniget mit der Zacke des Scalenus medius auch an den Querfortsatz des Epistropheus inserirt. —

Erklärung der Abbildung.

Hinterer Abschnitt der Schädelbasis mit dem Halse und dem Schultergürtel der rechten Seite.

1. Schädelbasis.
2. Atlas.
3. Epistropheus.
4. Clavicula.
5. Scapula.

a. Musculus cleido-epistrophicus.
b. „ cleido-mastoideus.
c. „ omo-hyoideus.
d. „ rectus capitis anticus major.
e. „ „ „ „ medius.
f. „ „ „ „ minor.
g. „ „ „ lateralis.
h. „ intertransversarius anticus I.
i. „ „ „ II.
k. „ transversalis cervicis anticus anomalus.
l. „ scalenus anticus.
m. „ „ medius.
n. „ „ posticus.
o. „ levator anguli scapulae.
p. „ splenius colli.
q. „ „ capitis.
r. „ cucullaris.

α. Fleischbündel der Zacke des M. scalenus medius vom Atlas zur vorderen Fläche der Ursprungssehne des Cleido-epistrophicus vom Epistropheus.

β. Ein isolirtes, mit dem Splenius capitis verwachsenes Bündel vom Processus mastoideus zur obersten Zacke des Splenius colli.

Institut für die practische Anatomie.
St. Petersburg i. Juni 1876.

Ueber den Musculus rectus capitis anticus medius s. minimus.

Von

Dr. Wenzel Gruber,

Professor der Anatomie in St. Petersburg.

(Hierzu Taf. XIX. A.)

Es giebt drei Musculi recti capitis antici d. i. ausser dem M. major et minor auct. noch einen M. medius s. minimus.

Der M. major ist constant; der M. minor kann fehlen und zwar, wie ich nach Untersuchungen an 50 Cadavern gefunden hatte, in $^1/_{25}$ d. F. nach Cadaver- und Seitenzahl: der M. medius s. minimus kann aber öfters vorkommen. Ueber den anomalen Musculus rectus capitis anticus medius s. minimus (Fig. 1. *c*, *c'*) lege ich nachstehende Beschreibung vor:

Vorkommen. Unter 50 Cadavern (45 männl. u. 5 weibl.) an neun und zwar beiderseitig an fünf, rechtseitig an zwei, linkseitig an zwei, d. i. in $^1/_5$—$^1/_6$ d. F. nach Cadavern und in $^1/_6$—$^1/_7$ nach Seiten, etwas häufiger beiderseitig als nur einseitig.

In einem Falle an der rechten Seite also in $^1/_9$ d. F. nach Cadavern und in $^1/_{14}$ d. F. nach Seiten war das Muskelchen doppelt, ein inneres und ein äusseres, zugegen.

Gestalt. Eines platt-spindelförmigen oder bandförmigen Muskelchens, bald mit Sehnen an beiden Enden oder nur mit einer Sehne an einem der Enden, namentlich an dem oberen derselben.

Lage. Oben zwischen der äusseren Portion des M. rectus capitis anticus major (vorn) und der inneren Portion des M. rectus capitis anticus minor (hinten), von beiden, namentlich vom letzteren, durch eine stärkere Membran oder selbst aponeurotisches Blatt geschieden; unter frei auf der Massa laterales des Atlas zwischen dem M. rectus capitis anticus major einwärts, dem M. rectus capitis anticus minor und dem M.

intertransversarius anticus I auswärts. Die Muskelchen beider Seiten stehen bis 1·8 Mm. von einander ab.

In dem Falle seiner Duplicität hatte das äussere Muskelchen (c') dieselbe Lage, das innere Muskelchen (c) aber lag vom inneren Rande des M. rectus capitis anticus major bedeckt auf dem Arcus anterior des Atlas neben dessen Tuberculum und vor der Membrana obtur atoria anterior atlantis, neben und am Lacertus medius — Weitbrecht — 5. Lig. atlantico-occipitale anticum superficiale — Barkow — (α) derselben, am Ursprunge 1 Ctm. an der Insertion 4—5 Mm. einwärts vom äusseren Muskelchen.

Ursprung. Gewöhnlich kurzsehnig von der Vorderseite der Massa lateralis des Atlas, abwärts vom äusseren Pole der Grube an der Vorderseite des Arcus anterior und der Massa lateralis des Atlas, über dem Rande des Processus obliquus inferior desselben und knapp über der Anheftung der Capsula articularis atlantico-epistrophica, einwärts neben dem Ursprunge des M. intertransversarius anticus I.

In dem Falle seiner Duplicität entsprang das äussere Muskelchen, wie angegeben, das innere Muskelchen aber mit einer bandförmigen Sehne von dem Tuberculum atlantis arterius (*).

Verlauf. Mässig schräg ein- und aufwärts zur Pars basilaris des Occipitale.

In dem Falle mit Duplicität verlief das äussere Muskelchen so, das innere aber stieg gerade aufwärts.

Insertion. Gewöhnlich mit einer bandförmigen Sehne, die immer von dem M. rectus capitis anticus minor geschieden ist, bisweilen mit dem M. rectus capitis anticus major zusammenhängt, hinter dem Ansatze des letzteren und in Distanz vor dem Ansatze der inneren Portion des ersteren.

In dem Falle mit Duplicität ging die Insertion des äusseren Muskelchens auf dieselbe Weise, die des inneren Muskelchens aber hinter dem M. rectus capitis anticus major, neben dem Ansatze des Lig. occipito-atlanticum anticum, 5 Mm. einwärts vom äusseren Muskelchen und 2 Mm. ein- und vorwärts vom M. rectus capitis anticus minor, kurzsehnig an der Pars basilaris des Occipitale vor sich.

Grösse. Länge gewöhnlich 3·0—3·2 Ctm., ausnahmsweise 4—5 Ctm., wovon auf die Insertionssehne bis ¼ oder sogar ⅓ kommen kann; Breite am Fleischbauche 3—6 Mm., an der Insertionssehne 2—3 Mm.; Dicke am Fleischtheile 1 3 Mm.

In dem Falle mit Duplicität an der einen Seite war das innere Muskelchen 2·2 Ctm. lang, wovon auf die bandförmige Ursprungssehne ¼ der Länge kam; am Fleischbauche 3 Mm. in transversaler Richtung und 2 Mm. in sagittaler dick und an der Ursprungssehne 2·5 Mm. breit.

Verschiedenheit von anderen in der Gegend seiner Lagerung vorkommenden ungewöhnlichen Muskelbündeln.

1. Das Muskelchen ist nicht zu verwechseln mit dem Muskelchen, welches die selbständig gewordene, anomaler Weise vorkommende Zacke des M. rectus capitis anticus major vom Processus transversus des Atlas repräsentirt.[1]) Ich traf diese Art supernumerärer Muskelchen unter 50 Cadavern an: zwei an einem beiderseitig und an einem rechtseitig. Das Muskelchen (Fig. 2, *c*) hatte an der Spitze des Querfortsatzes des Atlas mit seiner 1·0—1·5 Ctm. langen, 1—2 Mm. breiten Sehne, welche durch ihre Vereinigung mit den hier entspringenden Zacken anderer Halsmuskeln (*e. f.*) bogenförmig gekrümmt war, seinen Ursprung genommen, war schräg von dem M. rectus capitis anticus minor, unten: aussen vom M. rectus capitis anticus major, oben: hinter diesem aufwärts gestiegen und hatte sich sehnig hinter diesem, nahe dem Seitenrande der unteren Fläche der Pars basilaris des Occipitale, 4 Mm. vor und unter dem M. rectus capitis anticus minor, inserirt. Dieses Muskelchen war 4 Ctm. lang, 4—5 Mm. am Fleischkörper breit und 2 Mm. dick.

2. Dasselbe hat nichts gemein mit dem Verstärkungsbündel zu seinem medialen Rande, welches, wie Henle[2]) und nach ihm Macalister[3]) unvollkommen entwickelt beobachteten, vom Epistropheus mit dem obersten Intertransversarius anticus entspringt. Ich habe ein derartiges Bündel und auch ein anderes mit dem Intertransversarius I verschmolzenes Bündel vom Querfortsatze des zweiten und dritten Halswirbels entspringen gesehen.

3. Dasselbe ist auch nicht gleich bedeutend mit einem des doppelten Muskelchens, welches Macalister[4]) mit dem M. rectus capitis anticus major verbunden oder zum Lig. atlantico-occipitale anticum laufen (running into the anterioo occipito-atlantoid ligament) gesehen hat und nicht analog jenen etlichen Fasern (some fibres) des M. rectus capitis anticus minor, welche Macalister[5]) von der vorderen Hälfte des Bogens des Atlas entspringen und sich von dem Rest des Muskels separiren können.

---

1) Von ungewöhnlichen Zacken des M. rectus capitis anticus major, welche von „einigen der obersten Halswirbel", oder von „dem Querfortsatze des ersten und zweiten Halswirbels" entstehen, erwähnen S. Th. v. Sömmering. — Vergl. Baue d. menschl. Körpers. Frankfurt a. M. 1800. S. 229. J. Fr. Meckel: Handb. d. menschl. Anat. Bd. II. Halle u. Berlin 1816. S. 476. § 1091. — Fr. W. Theile: Muskellehre, Leipzig 1841. S. 176. — Auch ich hatte diese Abweichung mehrere Male angetroffen.

2) Handb. d. Muskellehre d. Menschen. Braunschweig 1871. S. 137. Fig. 61.

3) A descriptive Catalogue of muscular anomalies in human anatomy. Dublin 1872. 4°. p. 44.

4) A. a. O.

5) A. a. O.

Besonderheiten. Mit dem beiderseitig vorkommenden Muskelchen war in einem der Fälle an der rechten Seite der M. cleido-epistrophicus, in einem anderen der Fälle der M. atlantico-mastoideus an der linken Seite zugegen.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1.

Rechte und mittlere Partie des hinteren Abschnittes der Schädelbasis mit den entsprechenden Theilen des Atlas und der Epistropheus (Ansicht von vorn bei entferntem M. rectus capitis anticus major u. s. w.)

1. Schädelbasis.
2. Atlas.
3. Epistropheus.

α. Ligamentum atlantico-occipitale anticum.
β. Lig. colummae vertebralis anticum.
a. Musculus rectus capitis anticus minor.
b. Musculus rectus capitis lateralis.
c. Musculus rectus capitis anticus medius internus.
c'. M. rectus capitis anticus medius externus.
d.d'. Mm. longi colli (der linke weit am Lig. atlantico-occipitale anticum hinaufreichend).
e. M. intertransversarius anticus I.
(*) Tuberculum atlantis anterius.

Fig. 2.

Partie der rechten Hälfte des hinteren Abschnittes der Schädelbasis mit der entsprechenden Hälfte des Atlas und des Epistropheus.

1. Schädelbasis.
2. Atlas.
3. Epistropheus.

a. Musculus rectus capitis anticus minor.
b. M. rectus capitis lateralis.
c. Anomale vom Querfortsatz des Atlas entsprungene Zacke des M. rectus capitis anticus major als selbständiger Muskel.
d. M. intertransversarius I.
e. Zacke des M. scalenus medius.
f. Zacke des M. levator anguli scapulae.

Institut f. d. practische Anatomie.
St. Petersburg i. Juni 1876.

Ein neuer Fall von Musculus extensor hallucis longus tricaudatus.

Von

Dr. Wenzel Gruber,

Professor der Anatomie in St. Petersburg.

Hierzu Taf. XIX. B.

Ich kenne diese Varietät des Musculus extensor hallucis longus seit mehr als 25 Jahren. Dieselbe war mir bis 1876 in vier Fällen zur Beobachtung gekommen und zwar beiderseitig 1 Mal; rechtseitig 2 Mal.[1])

Diesen Fällen kann ich einen neuen (5) Fall (Fig.) hinzufügen, welcher mir an der linken Seite eines Erwachsenen am 12. März 1876 zur Beobachtung gekommen war. Das Präparat ist in meiner Sammlung aufbewahrt.

Ursprung. Der Muskel entspringt von der Fibula, bis zu dessen Capitulum (bis 2—3 Ctm. von der Spitze seiner höchsten Zacke entfernt) auf- und bis 8 Ctm. über der Spitze des Malleolus externus abwärts, und theilweise vom Ligamentum interosseum.

Theilung in Bäuche (Schwänze). Der Muskel (*a*) theilt sich 6·5—10·5 Ctm. vom Ursprunge entfernt in drei platte, dreiseitige, halbgefiederte Fleischbäuche, einen oberen, mittleren und unteren, deren Bündel in dem Anfangsstücke ihrer Sehnen am vorderen Rande enden.

Der obere kleinste Fleischbauch (*α*), welcher der oberen 6·5 Ctm. breit entspringenden Portion des Muskels angehört, trennt sich 10·5 Ctm. vom Ursprunge des Muskels entfernt, vom mittleren Bauche, ist 4 Ctm. lang und am Anfange 1·2 Ctm.

1) W. Gruber: a) Abhandlungen a. d. menschl. u. vergleich. Anatomie. St. Petersburg 1852. 4° VIII. Abh. S. 123. b) „Ueber die Varietäten des M. extensor hallucis longus." — Dies Archiv. 1875. S. 568 u. 581.

breit; der mittlere grösste Fleischbauch (β), welcher der mittleren 14·5 Ctm. breiten Portion entspricht, ist am oberen, vorderen Rande 15·0 Ctm., am unteren, hinteren Rande 5·0 Ctm. lang und am Anfange 10·5 Ctm. breit; der untere Fleischbauch (γ), welcher der unteren, 4 Ctm. breiten Portion des Muskels zukommt, trennt sich 6·5 Ctm. vom Ursprunge des Muskels entfernt vom mittleren Bauche, ist 8·5 Ctm. lang und am Anfange 2 Ctm. breit.

Ueber der Trennung des oberen Fleischbauches vom mittleren begaben sich vom letzteren zur inneren Seite des ersteren ein starkes und zur äusseren Seite ein Paar schwache Fleischbündel zur inneren Seite desselben und über der Trennung des mittleren Fleischbauches vom unteren auch ein starkes Bündel vom letzteren zur inneren Seite des ersteren.

Lage. Wie beim Muskel der Norm.

Verlauf. Wie gewöhnlich und mit allen drei, neben einander liegenden Sehnen durch die mittlere Synovialscheide des Lig. lambdoideum der Fascia cruro-pedica.

Ansatz. Der obere Fleischbauch inserirt sich mit seiner platt-rundlichen Sehne von 2·5 Mm. Breite, welche 1·4 Ctm. lang die Fleischbündel aufnimmt und 26 Ctm. lang von Fleischbündel-Aufnahme frei ist, an die Tibialseite der Basis der ersten Phalanz der grossen Zehe; der mittlere Fleischbauch inserirt sich mit seiner starken, platt-rundlichen, 5 Mm. breiten Sehne, welche in einer Strecke von 12·5 Ctm. die Fleischbündel aufnimmt und 17 Ctm. lang frei ist, an die Nagelphalanz der grossen Zehe. Der untere Fleischbauch endlich inserirt sich mit seiner platt-rundlichen 2·0—2·5 Ctm. breiten Sehne, welche in einer Strecke von 4·5 Ctm. Fleischbündel aufnimmt und 11·5 Ctm. lang frei ist, mit dem 1·0 Ctm. langen Endstücke der Sehne des Extensor hallucis brevis (*d*) verwachsenen an die Fibularseite der Basis der ersten Phalanz der grossen Zehe.

Der Nervus peroneus profundus, nachdem er den Extensor digitorum longus durchbohrt hatte, trat vor dem oberen Ende des Extensor hallucis longus tricaudatus zu den Vasa tibialia antica. Der Musculus extensor digitorum brevis (*e*) hatte nur 3 Bäuche, sein vierter Bauch wurde vom M. peroneus brevis (*f*) ersetzt, der eine Sehne (*δ*) zur fünften Zehe sendete.

In den vier früheren Fällen löste sich der obere Fleischbauch von der inneren oder oberen und inneren Seite des Fleischkörpers des Muskels, in dem neuen Falle begriff er die ganze Portion des Fleischkörpers in sich; in drei früheren Fällen löste sich der untere Fleischbauch von der äusseren oder äusseren und unteren Seite des Fleischkörpers des Muskels ab, in dem neuen Falle begriff er, wie in dem Falle von 1875, die ganze untere Portion in sich; in zwei früheren Fällen inserirte sich die Sehne des unteren äusseren Bauches für sich an die erste Phalanz der grossen Zehe, im neuen Falle ging die Insertion der starken Sehne dieses Bauches vereinigt mit der Sehne des Extensor hallucis brevis, wie dieselbe der schwachen Sehne desselben

Bauches in zwei anderen früheren Fällen, vor sich. — Der Muskel im neuen Falle hatte daher nebst Gleichem manches von den früheren Fällen Abweichendes an sich. —

Erklärung der Abbildung.

Linker Unterschenkel mit dem Fusse (bei Erhaltung nur einiger Muskeln).

a. Musculus extensor hallucis longus tricaudatus.
  α. Oberer Bauch.
  β. Mittlerer Bauch.
  γ. Unterer Bauch.
b. M. extensor digitorum pedis longus.
c. M. peroneus tertius.
d. M. extensor hallucis brevis.
e. M. extensor digitorum pedis brevis.
f. Sehne des M. peroneus brevis.
g. Sehne des M. peroneus longus.
  δ. Sehne des M. peroneus brevis zur fünften Zehe.

Institut f. d. practische Anatomie.
St. Petersburg i. Juni 1876.

A.

1.

2.

B.

C.

Karpowicz del. Dannenberg del. W. Grohmann sc.



Ueber eine congenitale Articulatio hyo-thyreoidea anomala.

Von

Dr. Wenzel Gruber,

Professor der Anatomie in St. Petersburg.

(Hierzu Taf. XIX. C.)

Vorgekommen an der Leiche eines Weibes in den hohen Zwanzigern am 19. April 1876. (Fig. 1, 2.)

Os hyoideum. Dieses ist theilweise missgebildet. Seine Cornua minora sind noch gelenkig vereiniget, seine Cornua majora aber mit dem Corpus vollständig knöchern verwachsen. Am Corpus und an der Cornua minora ist nichts Ungewöhnliches zu bemerken, wohl aber an den Cornua majora. Das Cornua majus der linken Seite ist zwar wie gewöhnlich beschaffen und sein Capitulum in verticaler Richtung comprimirt, in dieser 3·5 Mm. dick und in transversaler Richtung 6 Mm. breit, aber sein äusserer Rand liegt gegen die Norm etwas höher als der unsere. Das Cornu majus der rechten Seite (*A*), sieht wie geknickt und C-förmig gekrümmt aus, ist mit der 6 Mm. tiefen Concavität aufwärts gerichtet und an seiner unteren Seite mit einem Tuberculum anomalum versehen.

Die vordere Portion, welche $^{4}/_{7}$ seiner Länge entspricht, liegt horizontal, die hintere Portion, welche $^{3}/_{7}$ seiner Länge einnimmt, steigt schräg auf- und rückwärts. Die horizontale Portion (*a*) stellt eine länglich-vierseitige, etwas gekrümmte Platte dar, mit einer oberen und unteren Fläche, mit einem äusseren und inneren Rand. Die obere Fläche ist concav in sagittaler und convex in transversaler Richtung und nach aussen abhängig; die untere Fläche ist an der vorderen, grösseren Partie concav und weiset am hinteren Endtheile das genannte Tuberculum anomalum (*e*), welches an der unteren Seite eine überknorpelte Fläche, also Gelenkfläche (α) besitzt, die sattelförmig und zwar convex in transversaler und concav in sagittaler Richtung gestaltet ist.

Von den Rändern ist gegen die Norm der innere der dickere; das hintere Ende des äusseren Randes ist entsprechend dem Tuberculum an der unteren Fläche in eine stumpfe Zacke (*d*) ausgezogen. Die aufsteigende Portion (*b*) stellt einen dreiseitigen Stiel dar, mit einer vorderen äusseren sehr convexen, hinteren äusseren und inneren fast planen Fläche, welcher an seinem freien Ende in ein ovales Capitulum (*c*) angeschwollen ist. Die horizontale Portion nimmt in sagittaler Richtung an Breite (von 7 zu 8 Mm.) zu und in transversaler Richtung von innen nach aussen (von 3—5 Mm. zu 1—2 Mm.) an Dicke ab. Die stumpfe Zacke am äusseren Rande ist 2·5 Mm., das Tuberculum an der unteren Fläche ist 6 Mm. in sagittaler und 8 Mm. in transversaler Richtung dick. Die aufsteigende Portion nimmt gegen das Capitulum bis 3 Mm. an Dicke ab, ist am 5—6 Mm. langen Capitulum aber wieder bis 4 Mm. dick. Der Abstand der Enden des rechten Cornu majus ist um [illegible] Mm. kürzer als derselbe des linken Cornu.

Larynx. Die Cartilago thyreoidea ist deform. Ihr oberer Rand weiset gegen die Norm zwischen der Incisura media und den Incisurae laterales an jeder Lamina einen fast geradlinigen, schwach schräg aus- und rückwärts aufsteigenden Abschnitt auf. An der Grenze zwischen diesem Rande und der Incisura media findet sich ein stumpfer Winkel; an der Grenze aber zwischen demselben Rande und den Incisurae laterales, schräg vorwärts über dem Tuberculum laminae an der linken Lamina eine kurze dreiseitige Zacke, an der rechten Lamina sogar ein starker Processus vor. Auch ist die Stellung des rechten Cornu majus eine abnorme.

Der Processus anomalus der rechten Lamina (*f*) erhebt sich wie die angegebene kleine Zacke an der linken Lamina, zwischen dem fast geradlinigen Abschnitte des oberen Randes und der Incisura lateralis, schräg vor und über dem Tuberculum laminae, mit einer dreiseitig-prismatischen Basis, die eine vordere äussere, hintere äussere und innere Seite aufweiset. Er steigt etwas schräg rückwärts zum Tuberculum anomalum des Cornu majus des Os hyoideum aufwärts, ist an seiner Mitte fast cylindrisch und wie eingeschnürt und endet etwas angeschwollen und abgestutzt. An diesem Ende hat er eine sattelförmige in transversaler Richtung concave und in sagittaler Richtung convexe Gelenkfläche (β) zur Articulation mit dem genannten Tuberculum anomalum am Os hyoideum.

Dieser Processus hat folgende Durchmesser: Höhe 8 Mm. Dicke an der Basis in sagittaler Richtung 9·10 Mm., Dicke an der Basis in transversaler Richtung vorn 2 Mm., hinten 5 Mm., Dicke am Ende in sagittaler und transversaler Richtung je 8 Mm.

Der Processus anomalus ist mit dem Tuberculum anomalum des Cornu majus des Os hyoideum durch eine starke aber straffe Gelenkkapsel (γ) vereiniget, die eine vollständige Bewegung des Os hyoideum auf dem genannten Processus ano-

malus oder dieses am Os hyoideum in sagittaler Richtung, aber nur eine geringe Bewegung in transversaler Richtung gestattet. Das supernumeräre Gelenk — Articulatio hyo-thyreoidea — (*e*, *f*, *α*, *β*, *γ*) ist daher ein Ginglymus.

Das linke Cornu majus hat die gewöhnliche schräge Richtung, das rechte (*g*) aber hat eine verticale Richtung. Ersteres ist 11—12 Mm., letzteres 9—10 Mm. lang, jenes auch etwas stärker als dieses.

Das Ligamentum hyo-thyreoideum medum verhält sich wie gewöhnlich; das Lig. hyo-thyreoideum laterale der rechten Seite ist 1·6 Ctm., das der linken Seite 1·8 Ctm. lang. Die Ligamenta hyo-thyreoidea lateralia enthalten kein Corpusculum triticeum.

Die rechte Hälfte des Spatium hyo-thyreoideum, seitwärts vom Lig. hyo-thyreoideum medium, ist durch den Processus anomalus der Cartilago thyreoidea in eine vordere und hintere Lücke geschieden. Die medianwärts vom Lig. hyo-thyreoideum medium seitwärts vom Processus anomalus u. s. w. begrenzte vordere Lücke ist abgerundet-dreiseitig; die vorn vom Processus anomalus der Cartilago thyreoidea, hinten von dem Cornu majus derselben und dem Lig. hyo-thyreoideum laterale, oben von der aufsteigenden Portion des rechten Cornu majus des Os hyoideum und unten von der Incisura lateralis der rechten Lamina der Cartilago thyreoidea begrenzte hintere Lücke ist elliptisch, in verticaler Richtung 2·4 Ctm. und in sagittaler Richtung bis 2 Mm. weit.

Das Tuberculum und die Linea obliqua sind an beiden Laminae der Cartilago thyreoidea gut ausgesprochen. Die linke Lamina weiset unter und hinter dem Tuberculum und 8 Mm. abwärts von der Incisura lateralis superior das bekannte Loch für die Arteria laryngea superior auf; die rechte Lamina besitzt deren zwei für Aeste derselben Arterie, wovon eines vor dem Tuberculum in fast gleicher Höhe mit der Incisura lateralis superior, das andere 7—8 Mm. tiefer hinter der Linea obliqua und an der Mitte zwischen dem Cornu majus und minus sitzt.

Der Angulus, die Processus und Incisurae am unteren Rande und die hinteren Ränder der Cartilago thyreoidea verhalten sich wie gewöhnlich.

Messungen der Cartilago thyreoidea ergeben folgende Durchmesser: Höhe an Angulus 1·5 Ctm., Höhe der Laminae im Bereiche des grössten Vorsprunges des oberen Randes in einer vor dem Tuberculum und hinter dem Processus des unteren Randes gezogen gedachten Linie an der rechten Lamina 3·2 Ctm., Höhe an der linken Lamina 2·5 Ctm., Höhe zwischen dem Ende des Processus anomalus am oberen Rande und der Spitze des Processus des unteren Randes an der rechten Lamina 3·3 Ctm., Höhe zwischen der Zacke am oberen Rande und dem Processus am unteren Rande an der linken Lamina

2·5 Ctm., Höhe zwischen den Spitzen der Cornua jeder Lamina 2·5 Ctm.

Die Cartilago thyreoidea ist frühzeitig ossificirt: am Processus anomalus, an einem Punkte unterhalb des Cornu majus der rechten Lamina, an einer kleinen Stelle des hinteren Randes jeder Lamina, längs beiden Incisurae laterales inferiores an den Processus des unteren Randes und an den Cornua inferiora.

Die übrigen Cartilagines und die Musculatur zeigen nichts Ungewöhnliches. Die Insertion des Musculus hyo-thyreoideus der rechten Seite war am Os hyoideum, vorwärts von der Articulatio hyo-thyreoidea anomala vor sich gegangen. Die Arteria lingualis dextra hatte wie gewöhnlich über dem Cornu majus hinter dem M. hyo-glossus ihren Verlauf genommen. Der Nervus laryngeus superior dextra war hinter dem Processus anomalus in den Kehlkopf gedrungen.

Einen diesem Falle ähnlichen Fall hat Luschka[1]) erwähnt und abgebildet. Die anomale Articulation war an einem männlichen Kehlkopfe der linken Seite vorgekommen. Das Cornu superius der Lamina dieser Seite fehlte. Im langen Lig. hyo-thyreoideum laterale, nicht weit abwärts vom Capitulum des Os hyoideum, war ein Corpusculum triticeum, welches Luschka für das abgelöste Cornu superius der Cartilago thyreoidea deutete, eingeschlossen.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1.

Weiblicher Larynx mit dem Os hyoideum (Ansicht von vorn bei aufgehobenem Os hyoideum).

Fig. 2.

Dasselbe Präparat. (Ansicht von der rechten Seite.) Bezeichnung für beide Figuren:

A. Cornu majus der rechten Seite des Os hyoideum.
a. Horizontale Portion.
b. Schräg rückwärts aufsteigende Portion.
c. Ovales Capitulum.
d. Stumpfe Zacke am äusseren Rande.
e. Tuberculum anomalem an der unteren Fläche.
f. Processus anomalus des oberen Randes der rechten Lamina der Cartilago thyreoidea.
g. Cornu majus der rechten Lamina der Cartilago thyreoidea.
α. Sattelförmige Gelenkfl. am Tuberculum des Os hyoideum.
β. Sattelförmige Gelenkfläche am Ende des Processus anomalus der Cartilago thyreoidea.
γ. Capsula hyo-thyreoidea anomala. (Vorn geöffnet.)

Institut f. d. practische Anatomie.

St. Petersburg i. Juni 1876.

1) Der Kehlkopf d. Menschen. Tübingen 1871. S. 69. Tab. V. Fig. 14.

Ein Musculus
cleido-cervicalis s. trachelo-clavicularis imus.

Von

Dr. Wenzel Grurer,

Professor der Anatomie in St. Petersburg.

Zur Beobachtung gekommen am 9. Januar 1869 an der rechten Seite der Leiche eines Jünglings.

Ein schmaler, dünner, an beiden Enden kurzsehniger, bandförmiger Muskel.

Ursprung. Vom Höcker des vorderen Querfortsatzes des sechsten Halswirbels-Tuberculum caroticum Chassaignac. —

Verlauf. Schräg ab-, aus- und vorwärts, zuerst hinter dem Cleido-mastoideus, dann 4 Mm. aus- und rückwärts von demselben; dann vor der Zwischensehne des Omohyoideus und vor den Gefässen des Trigonum omo-claviculare zur Clavicula.

Ansatz. Am hinteren oberen Rande der Clavicula, 4 Ctm. von der Articulatio sterno-clavicularis auswärts, neben dem Cleido-mastoideus, also noch am inneren Drittel der Länge der Clavicula, oder an der Verbindung des inneren mit dem mittleren Drittel.

Grösse. Seine Länge betrug 5·5 Ctm.; seine Breite 4 Mm.; seine Dicke 1—2 Mm.

Bedeutung. Einen gleichen, davon nur durch seine Länge und etwas grössere Stärke verschiedenen Muskel hatte meines Wissens nur noch W. G. Kelch[1]) an der rechten Seite eines männlichen Körpers, dem beide Omo-hyoidei fehlten, beobachtet. Der Muskel dieses Falles war 6 Mm. breit und hatte sich an der unteren Fläche des Schulterendes der Clavicula befestiget. Der Muskel beider Fälle ist als ein auf die Clavicula verirrter supernumerärer Scalenus zu nehmen. Weil er in Kelch's Falle an das Arcomialende der Clavicula sich inserirte, ist

---

1) Beiträge zur pathologischen Anatomie. Berlin 1813. 8° min S. 32. Nr. XXIV.

man noch nicht berechtigt, ihn als Analogon des von den oberen Halswirbeln kommenden und an die Extremitas acromialis der Clavicula, oder an das Acromium inserirten Trachelo-clavicularis s. Trachelo-acromialis (Clavio- s. acromio-trachélien) der Säugethiere, der zum Levator scapulae in Beziehung steht, zu erklären.

Institut f. d. practische Anatomie.

St. Petersburg i. Juni 1876.

Vorkommen des Musculus cleido-mastoideus als Musculus cleido-epistrophicus.

Von

Dr. Wenzel Gruber,

Professor der Anatomie in St. Petersburg.

Mir ist dieser Fall im Januar 1855 an der Leiche eines Mannes zur Beobachtung gekommen.

Der Musculus sterno-cleido-mastoideus war an beiden Seiten in die gewöhnlichen Portionen: Sternalportion — M. sterno-mastoideus — und Clavicularportion — M. cleido-mastoideus — geschieden.

Der M. cleido-mastoideus inserirte sich wie der Muskel der Norm an der Clavicula, aber er entsprang nicht vom Processus mastoideus, sondern mit einer platt-rundlichen, schmalen Sehne vom Querfortsatze des Epistropheus.

Ob diese Abweichung beiderseitig oder nur einseitig existirt hatte, weiss ich, nach 21 Jahren, nicht mehr mit voller Sicherheit anzugeben, da in der Notiz über diese Beobachtung in dem XVII. Hefte meiner Jahresbücher darüber nichts verzeichnet ist. Jedenfalls muss der Cleido-mastoideus, abgesehen von seinem Ursprunge, sich ähnlich wie der Muskel der Norm verhalten haben, weil, wenn dieses nicht der Fall gewesen wäre, sicher eine Angabe darüber gemacht worden wäre.

In diesem Falle ist somit der Cleido-mastoideus mit gewöhnlicher Insertion selbst als Cleido-epistrophicus aufgetreten. Ich erwähne dieser Beobachtung jetzt, weil seine Kenntniss für die Deutung des supernumerären Cleido-epistrophicus, welchen ich in einem anderen Artikel abhandele, von Wichtigkeit ist.

R. Owen[1]) giebt an, dass er bei einem Orang-Utang den Cleidaltheil des Sterno-cleido-mastoideus an den Querfortsatz des Epistropheus ansetzen gesehen hatte. Owen scheint mit diesem Cleidialtheil beim Orang-Utan wohl nicht den Clavio-

1) On the anatomy of Vertebrates. Vol. III. London 1868. p. 53.

trachélien — Duvernoy — gemeint zu haben wie wirklich W. Vrolik) in Betreff des Muskel vom Querfortsatze des zweiten Halswirbels zur Clavicula neben dem Acromion, weil G. Cuvier et Laurillard[2]) beim Orang-Utan nebst dem Sterno-cleido-mastoideus mit einer Sternal- und Clavicularportion auch den Acromio-trachélien abgebildet haben und Duvernoy[3]) bei demselben Thiere nebst einem Sterno-cleido-mastoideus mit einer Sternal- und doppelten Clavicularportion auch einen Clavio-trachélien unterscheidet, der sich an die Extremitas acromialis der Clavicula und etwas an das Acromion befestiget, und nach ihm, wie beim Gorilla, wohl vom Tuberculum anterius des Atlas entspringt.

Hätte Owen unter dem Cleidaltheil des Sterno- cleidomastoideus beim Orang-Utan den Cleido-mastoideus wie z. B. Cuvier und Duvernoy verstanden, so würde beim Orang-Utan der gewöhnliche Cleido-mastoideus auch, und wohl ausnahmsweise, als Cleido-epistrophicus, wie in meinem Falle beim Menschen vorkommen können. Dieser Cleido-epistrophicus beim Orang-Utan würde ganz verschieden sein von Vrolik's Cleido-epistrophicus dieses Thieres, welcher analog dem Cleidocervicalis (Levator claviculae Tyson, Acromio-trachélien Cuvier, Clavio-trachélien Duvernoy) bei den Affen und anderen Säugethieren.

Institut f. d. practische Anatomie.
St. Petersburg i. Juni 1876.

---

1) Recherches d'anat. comp. sur le Chimpansé. Amsterdam 1841. Fol. p. 25.

2) Anat. comparée recueil de planches de myologie. Paris 1849. Fol. Pl. XV. Fig. 2. bb', d.

3) Des charactères anatomiques des grands singes pseudoanthropomorphes Mém. III. — Arch. du Muséum d'hist. nat. Tom. VIII. 4°. Paris 1855—1856, p. 175—176. —

Ein Musculus cleido-atlanticus.

Von

Dr. Wenzel Gruber,

Professor der Anatomie in St. Petersburg.

Zur Beobachtung gekommen an der linken Seite eines Mannes im November 1862.

Ein sehr langer und schmaler Muskel.

Ursprung. Vom Processus transversus des Atlas, neben der Zacke des Scalenus medius medianwärts, mit einer 1·2—1·5 Ctm. langen, strangförmigen Sehne.

Verlauf. Fast gerade abwärts zur Clavicula, zuerst hinter dem Cleido-mastoideus, dann neben diesem im vorderen Winkel des Trigonum omo-trapezoideum und, nach Kreuzung des unteren Bauches des Omo-hyoideus, über dem Trigonum omo-claviculare in abwärts allmählich zunehmender Distanz vom Cleidomastoideus, zur Clavicula.

Ansatz. An die Clavicula 1·8—2 Ctm. auswärts vom Ansatze des Cleido-mastoideus, mit einer membranartigen Sehne.

Bedeutung. Der Muskel ist verschieden von dem von M.'Whinnie[1]) erwähnten Cleido-atlanticus. Letzterer wird durch die erste vom Atlas entspringende, anomaler Weise mit dem vorderen Rande des Cucullaris an die Clavicula inserirte und als ein besonderer Muskel abgelöste Portion des Levator anguli scapulae repräsentirt; er wird auch vom Verfasser als Analogon des Levator claviculae — Tyson — beim Orang-Utang und anderen Thieren gedeutet. M.'Whinnie's Cleido-atlanticus ist also eine selbstständig gewordene Zacke des Levator anguli scapulae und eine Thierbildung; unser Cleido-atlanticus aber ist ein abirrendes und selbstständig gewordenes Bündel des Cleido-mastoideus und keine Thierbildung.

Institut f. d. practische Anatomie.
St. Petersburg i. Juni 1876.

---

1) The London medical Gazette. New-Series. Vol. II. London 1846. p. 194.

Beiträge zur Lehre von der Leukämie.

Von

Dr. Georg Salomon,

erstem Assistenten an der medicinischen Universitätsklinik zu Berlin.

Unter den zahlreichen Publicationen über Leukämie, welche uns die letzten Jahre gebracht haben, befindet sich nur eine einzige, die sich mit chemischen Fragen beschäftigt. Die Gründe dieser Erscheinung treten bald zu Tage, wenn man die Literatur bis zum Jahre 1870 einer Durchsicht unterzieht. Eine Zeit lang war durch Mosler's zahlreiche Mittheilungen ein gewisses Interesse für das Hypoxanthin, als einen für die lienale Leukämie charakteristischen Harnbestandtheil, wach erhalten worden. Durch Salkowski's eingehende Untersuchungen[1]) büssten nun Mosler's und seiner Schüler Befunde ihre Stütze ein und das Interesse für die Xanthinkörper nahm ab, um so mehr, als ihr spärliches Vorkommen sie zu einem ziemlich undankbaren Untersuchungsobject machte. Der Hauptrepräsentant dieser Gruppe, nämlich die Harnsäure, war zur Genüge studirt, und ihr vermehrtes Auftreten im Harn von verschiedenen Forschern constatirt worden, ohne dass damit ein sicherer Gewinn für das Verständniss des Krankheitsprocesses erzielt worden wäre. Die Resultate schienen eben der angewandten Mühe nicht zu entsprechen und naturgemässer Weise trat die aussichtsreichere mikroskopische Forschung in den Vordergrund.

Was bis zum Jahre 1870 über die chemische Zusammensetzung des leukämischen Blutes und Harnes bekannt geworden war, findet man bei Salkowski[2]) zusammengestellt, und begnügen wir uns auf seine Abhandlung zu verweisen. In der leukämischen Milz hatte Scherer schon vor geraumer Zeit Glutin, Hypoxanthin, Milchsäure und Harnsäure nachgewiesen.

---

1) Virchow's Archiv. Bd. L.
2) A. a. O.

Salkowski selbst fand im leukämischen Blut Milchsäure, Hypoxanthin, Xanthin, Ameisensäure, Essigsäure und eine phosphorhaltige organische Säure (vielleicht Glycerinphosphorsäure); ausserdem einen Körper von den physikalischen Eigenschaften des Glutins, der aber beim Zersetzen mit Schwefelsäure kein Glycocoll lieferte. Im Harn constatirte er neben Vermehrung der Harnsäure das Vorkommen eines dem Hypoxanthin nahestehenden Körpers, den er aber ebensowohl aus normalem Harn darstellen konnte. Reichardt[1]) bestätigte den Befund für das Blut, vermisste jedoch die Milchsäure; nebenbei fand er einen bisher noch unbeschriebenen Körper, das „Albukalin". Im Harn sah er die Menge der Harnsäure ebenfalls gesteigert; Hypoxanthin fand er nicht. — Die Arbeit von Gorup-Besanez, welche erst drei Jahre später erschienen ist,[2]) beschäftigt sich nur mit dem leukämischen Blut. G. untersuchte mit positivem Erfolge anf Glutin und Hypoxanthin, mit negativem auf Milchsäure. Um gewöhnliches Glutin konnte es sich übrigens auch in seinem Falle nicht handeln, da bei der Untersuchung im Polarisationsapparat eine Linksdrehung nicht nachzuweisen war.

Die nachfolgenden Untersuchungen schliessen sich denen der oben genannten Autoren an und liefern weitere Beiträge zu der noch allzu spärlichen Casuistik. Sie beschäftigen sich mit dem Nachweis des Glutins, der Milchsäure und des Hypoxanthins in Milz, Blut und Harn leukämischer Individuen und bringen eine kleine Anzahl quantitativer Bestimmungen dieser Körper, so genau ausgeführt, wie es das complicirte Darstellungsverfahren eben zuliess. Das Material und zugleich auch die Anregung zu diesen Studien boten zwei Fälle von lienaler Leukämie, die im Lauf der Jahre 1875 und 1876 im städtischen allgemeinen Krankenhause behandelt wurden und beide im Frühjahr 1876 zur Obduction kamen. Meinem damaligen Chef, dem ärztlichen Director der inneren Abtheilung Hrn. Dr. Riess, bin ich für die liberale Ueberlassung der Krankengeschichten, sowie für manchen freundlichen Rath zu grossem Dank verpflichtet.

Objecte der chemischen Analyse waren in dem einen von mir selbst klinisch beobachteten Falle Harn, Milz und Blut, in dem anderen ausschliesslich das Blut. Letzteres war in beiden Fällen der Leiche entnommen. Während des Lebens eine Blutentziehung vorzunehmen, erschien aus ärztlichen Rücksichten unzulässig, um so mehr, weil die Blutmenge, die man aus einigen Schröpfköpfen oder durch einen gewöhnlichen Aderlass erhält, für unsere Zwecke doch nicht genügt haben würde. Zur Controle der am leukämischen Blut gewonnenen Resultate diente eine grosse Quantität Blut, die aus der Pleurahöhle

1) Jenaische Zeitschr. Bd. V. S. 389.
2) Sitzungsber. der phys. med. Soc. zu Erlangen. 1873.

eines nicht leukämischen, an carcinomatöser Pleuritis leidenden Individuums durch Thoracocentese entleert worden war.

Die Methoden zur Trennung, Reindarstellung und Prüfung der einzelnen Substanzen sind die von Salkowski angewandten. Ich kann hinsichtlich ihrer Begründung auf seine oben citirte Abhandlung verweisen und beschränke mich hier auf eine kurze Skizze des Untersuchungsganges.

I. Prüfung auf Glutin, vorgenommen am wässrigen Auszug der Milz und am Blut. — Die in bekannter Weise enteiweissten Flüssigkeiten wurden eingedampft, mit Alkohol gefällt, der Niederschlag mit Alkohol gewaschen, zwischen Fliesspapier abgepresst und zur Prüfung der Quellungsfähigkeit mit kaltem Wasser übergossen; dann wurde das Product durch Anwärmen gelöst, mit Bleiessig von Farbstoffen und Eiweissresten befreit, das Filtrat vom Bleiniederschlag entbleit, die Reaction gegen Tannin geprüft. In einem Falle wurde zur Darstellung von Glycocoll eine Zersetzung mit Schwefelsäure vorgenommen. Auf optische Untersuchungen musste wegen allzu dunkler Färbung der Lösungen Verzicht geleistet werden.

II. Prüfung auf Harnsäure, Hypoxanthin und Xanthin, vorgenommen am wässrigen Auszuge der Milz, am Blut und am Harn. — Die alkoholischen Extracte (vgl. oben) wurden eingedampft, die Rückstände in H_2O gelöst, zur Ausfällung der Phosphate mit ammoniakalischer Magnesiamischung, seltener mit Ammoniak versetzt,[1]) das Filtrat mit ammoniakalischer Silberlösung gefällt, der flockige, die Xanthinkörper enthaltende Niederschlag auf dem Filter bis zum Verschwinden der Chlorreaction gewaschen, in Wasser fein vertheilt, mit H_2S zerlegt, heiss filtrirt.[2]) Das Filtrat vom Schwefelsilber zur Trockne gedampft, mit SO_3 (1:30) in der Wärme extrahirt, der ungelöste Rückstand (Harnsäure) der Murexidprobe unterworfen. Das Filtrat ammoniakalisch gemacht, auf's Neue mit $AgNO_3$ gefällt, der Niederschlag bis zum Verschwinden der SO_3-Reaction gewaschen, in einen Kolben gebracht und nach Neubauer's Verfahren[3]) in heisser Salpetersäure gelöst; beim Erkalten fiel etwa vorhandenes Hypoxanthin als salpetersaures Silber-Hypoxanthin in mikroskopischen Krystallen (Büscheln

---

1) Beim Harn bildete die Ausfällung der Phosphate den Anfang des ganzen Verfahrens; es folgte darauf, wie beim Blut, die Fällung der Filtrate mit ammoniakalischer Silberlösung u. s. w.

2) Hierbei geht fast immer Schwefelsilber durch's Filter. Im späteren Verlauf meiner Arbeiten habe ich daher stets nach Salkowski's Rath mit dem Schwefelsilber zur Trockne gedampft und den Rückstand mit heissem Wasser behandelt. In einzelnen Fällen habe ich dieses Verfahren mehrmals wiederholen müssen, ehe es gelang alles Silber zu entfernen.

3) Neubauer und Vogel, Anleitung zur Analyse des Harns. 6. Aufl. S. 24.

langgestreckter, zuweilen fast nadelähnlich schmaler rhombischer Prismen) aus, meist verunreinigt mit etwas Xanthin. Nach Feststellung der Krystallform wurde mit H_2S zerlegt, heiss filtrirt, unter Zusatz von NH_3 eingedampft, mit heissem Wasser aufgenommen; beim Erkalten fiel Hypoxanthin in mikroskopischen Krystallen aus. — Das Filtrat vom salpetersauren Silber-Hypoxanthin wurde mit NH_3 übersättigt, ein etwa entstandener flockiger Niederschlag (Xanthinsilber) mit H_2S zerlegt, heiss filtrirt, eingedampft, mit NH_3 aufgenommen; beim Verdunsten schied sich Xanthin in gelblichen Blättern ab.

Es folgten nun die von Salkowski eingehend besprochenen Reactionen zur Feststellung der Identität des Xanthins resp. des Hypoxanthins. Wie schon oben erwähnt, wurden auch quantitative Bestimmungen des Hypoxanthins ausgeführt, deren Resultate aber natürlich durch die Zersetzlichkeit der feuchten Silberniederschläge häufig beeinträchtigt wurden. Während der zeitraubenden Procedur des Auswaschens tritt fast regelmässig eine leichte Bräunung ein, und ganz besonders neigen zu einer raschen Zersetzung solche Niederschläge, die aus nicht ganz frischem Material stammen. Dagegen hält sich salpetersaures Silber-Hypoxanthin, das bei gewöhnlicher Zimmertemperatur auf dem Filter eingetrocknet ist, wochenlang unverändert. —

III. Prüfung auf Milchsäure, vorgenommen an Milz, Blut und Harn. — Das ammoniakalische Filtrat vom ersten Silberniederschlage (vgl. oben) wurde mit SO_3 neutralisirt, vom ausgeschiedenen AgCl abfiltrirt, das Filtrat mässig eingedampft, stark mit SO_3 angesäuert, mit viel Aether ausgeschüttelt; der Rückstand vom Aether mit kaltem Wasser behandelt, filtrirt, das Filtrat durch Eindampfen bis zur Syrupsdicke von flüchtigen Säuren befreit, der Rückstand in Wasser gelöst, mit $ZnCO_3$ gekocht, wieder filtrirt und zur Krystallisation stehen gelassen. Was nach einigen Tagen ausgeschieden war, wurde mikroskopisch untersucht, endlich der Gehalt an Krystallwasser und an Zink festgestellt. Das Zink wurde als kohlensaures Zink bestimmt.

Einige Male wurde die Prüfung auf Milchsäure der auf die Xanthinkörper vorangeschickt. Die wässrige Lösung des Rückstandes vom alkoholischen Auszuge wurde in diesen Fällen sofort mit SO_3 angesäuert und mit Aether ausgeschüttelt, die nach der Aetherbehandlung restirende saure Flüssigkeit mit NH_3 übersättigt, filtrirt, das Filtrat mit $AgNO_3$ gefällt u. s. w. Die Modification ist für den Erfolg der Untersuchung ohne besondere Bedeutung, da die Gegenwart des schwefelsauren Ammoniaks bei der Darstellung der Xanthinkörper keinen störenden Einfluss übt.

Im Harn wurde theils nach dem oben gegebenen Schema, theils direct und ausschliesslich auf Milchsäure gearbeitet. Zur Entfernung störender Bestandttheile, wie z. B. der Farbstoffe, der Hippursäure, dienten dabei Fällungen mit Bleizucker und

Bleiessig, die theils im Harn selbst, theils in den wässrigen Lösungen der Aetherrückstände ausgeführt wurden. Die entbleiten Filtrate wurden in der bereits beschriebenen Weise weiter behandelt.

Ich gehe nun zur Mittheilung meiner ersten Krankengeschichte über.

Anamnese. H. H., ein 27jähriger Cigarrenarbeiter, vom 18. bis zum 21. Jahre viel mit Geschwüren behaftet, sonst gesund, erkrankt im Juni 1874 mit profusen blutigen Diarrhöen, Schmerzen im Leibe, Beklemmungen, allgemeiner Mattigkeit. Im Winter 74—75 vorübergehende Besserung; Ende Januar 75 jedoch bereits Wiederkehr der Beschwerden. Aufnahme ins Krankenhaus am 16. Februar 1875.

Stat. praes. Kräftig gebauter, jedoch sehr blasser und abgemagerter Mann. Enormer, die Linea alba nach rechts um 6 Ctm. überschreitender, indolenter Milztumor. Maximale Vermehrung der weissen Blutkörperchen (Verhältniss zu den rothen etwa wie 1:2). Drüsen und Knochengerüst ohne wahrnehmbare Veränderung. — Häufige blutig-wässrige Stühle; Mattigkeit, Schlaflosigkeit, kein Fieber. Ord. Opium, warme Bäder. — Rasche Besserung aller Beschwerden; Entlassung am 8. April. Beschaffenheit des Blutes und der Milz wie bei der Aufnahme.

Mehrere Monate vergehen ohne wesentliche Störung. Im August plötzliche Verschlimmerung (zunehmende Anschwellung des Leibes und der Füsse, Schlaflosigkeit, Mattigkeit). Ende September bildet sich unter bedeutenden Schmerzen ein Abscess am rechten Kieferwinkel, der den Patienten am 11. October zum zweiten Mal der Anstalt zuführt.

Stat. praes. Abmagerung weiter vorgeschritten; Oedeme der Beine, besonders links stark ausgesprochen. Milz noch grösser als früher, über die convexe Fläche gemessen 55 Ctm. lang. Apfelgrosser Abscess am rechten Kieferwinkel. Blut unverändert; systolisches Geräusch am Herzen. — Heftige Schmerzen, Schlaf gänzlich fehlend.

Incision des Abscesses, von schwer stillbarer Nachblutung gefolgt. Einige Tage später Erysipel des Gesichts und des Kopfes mit 6tägigem hohen Fieber. Während der Dauer des letzteren verkleinert sich die Milz in allen Dimensionen, die Länge von 55 auf 39, die Höhe in der Linea alba von 22 auf 16 Ctm. Das früher starre Organ ist in Folge der Dickenabnahme biegsam geworden.

Von Ende November bis Ende Januar leidliches Befinden, nur grosse Neigung zu Abscessbildungen (im Velum palatinum, am Oberkiefer, hinter dem linken Ohr); die Milz wieder grösser. Im Februar nimmt die Schwäche des Patienten allmählich zu, so dass er das Bett hüten muss. Es stellen sich Athemnoth und Stiche in der rechten Seite ein. Am 10. Februar wird eine rechtsseitige Bronchopneumonie constatirt. Patient verfällt rasch und stirbt am 15. Februar Morgens 8 Uhr.

Section 8 Stunden nach dem Tode. Obd. Dr. Kühnemann. Anatomische Diagnose: Leucaemia lienalis. Tumor lienis (Länge 41, Breite 23·5, Dicke 9·5 Ctm.; Gewicht 4390 Grm.). Tumor hepatis. Endocarditis aortica. Pneumonia catarrhalis lobi inferioris pulmonis dextri. Pleuritis fibrinosa recens dextra. Oedema pulmonum. Hydropericardium.

Das Knochenmark der Clavicula, das Sternum und der Rückenwirbel zeigte keine pathologische Veränderung.

Zur chemischen Untersuchung wurden die Milz, die Pericardialflüssigkeit und das Blut gewählt. Letzteres wurde mit grosser Sorgfalt gesammelt und zwar in zwei Portionen, deren eine (*A*) den reinen Inhalt des Herzens und der grossen Gefässe darstellte, während die andere (*B*) geringe Beimengungen von peritonäalem Transsudat enthielt.

I. Milz.

Das blaurothe, sehr derbe Organ wurde unmittelbar nach Beendigung der Section in Streifen zerschnitten, fein zerhackt und in einem grossen Küchenreibenapf mit einer hölzernen Keule portionsweise zu Brei verrieben, eine Operation, die nahezu 3 Stunden in Anspruch nahm. Die Masse blieb, mit 8 Litern Wasser übergossen, an einem kühlen Ort über Nacht stehen. Am nächsten Tage wurde durch Leinwand colirt, der ausgepresste Rückstand mit Wasser soweit erschöpft, dass nur eine faserige, ziemlich zähe Masse zurückblieb. Die vereinigten Filtrate wurden, in mehrere Portionen vertheilt, unter Zusatz von Essigsäure coagulirt und weiter behandelt, wie oben (S. 763) beschrieben.

Nach dem Eindampfen bis zur dünnen Syrupconsistenz erstarrte das enteiweisste Filtrat zu einer festen durchscheinenden Gallerte, deren Oberfläche von einer Krystallhaut überzogen war. Sie wurde durch Anwärmen gelöst und mit starkem Alkohol gefällt. Der noch mässig eiweisshaltige Niederschlag wurde in Wasser gelöst, mit Bleiessig gefällt; das entbleite Filtrat lieferte, vorsichtig eingedampft, eine sehr schöne klare gelbliche Gallerte. Letztere wurde von Neuem gelöst, mit Alkohol in der Wärme gefällt, nach 24stündigem Stehen der Niederschlag gesammelt, gewaschen und abgepresst. Beim Uebergiessen mit kaltem Wasser entstand allmählich eine beträchtliche Quellung, und nur ein geringer Theil des Niederschlages ging mit bräunlicher Farbe in Lösung.

Da der gequollene Niederschlag noch etwas durch Bleiessig fällbare Substanz enthielt, so wurde er noch einmal gelöst und mit dem genannten Reagens behandelt. Das entbleite Filtrat schien hinreichend rein, um auf Glycocoll verarbeitet zu werden. Es wurde 3 Stunden mit Schwefelsäure am Rückflusskühler gekocht, mit $BaCO_3$ neutralisirt, das Filtrat vom schwefelsauren Baryt verdünnt, noch einmal mit Bleiessig gefällt, filtrirt, H_2S eingeleitet, das Filtrat vom Schwefelblei zur

Syrupdicke eingeengt. Im Verlauf von 14 Tagen schied sich eine geringe Menge sehr harter mikroskopischer Krystalle aus. Die Mutterlauge wurde abgegossen, die Krystalle zwischen Fliesspapier abgepresst, in heissem Wasser gelöst, mit CuO gekocht, filtrirt, die dunkelblaue Lösung eingedampft. Es bildeten sich im Verlauf einiger Tage mikroskopische Krystalle von der Form langgestreckter rhombischer Prismen. (Glycocoll-Kupferoxyd.) Hiernach konnte der Nachweis des Glycocolls als erbracht angesehen werden. Von einer optischen Untersuchung hatten wir, wie bereits oben erwähnt, Abstand nehmen müssen.

Die vom Glutin abfiltrirte alkoholische Lösung hinterliess beim Verdunsten einen reichlichen braunen Rückstand, der in Wasser gelöst und zunächst durch Fällen mit Bleizucker, Filtriren, Entbleien und nochmaliges Filtriren gereinigt wurde. Im Filtrat wurden nach dem oben geschilderten Verfahren Xanthinkörper und Milchsäure aufgesucht. Es ergab sich, dass bei der Behandlung mit dreiprocentiger Schwefelsäure Nichts ungelöst blieb, Harnsäure also nicht vorhanden war. Die Thatsache war um so auffallender, als ein ungewöhnlich grosses Material in Arbeit genommen war. In dem Bleizuckerniederschlag konnte die Harnsäure nicht wohl vermuthet werden, da sie nur nach langem Stehen in diesen überzugehen pflegt. Eine Untersuchung des Niederschlages fiel denn auch, wie zu erwarten war, negativ aus. Dem Darstellungsverfahren eine Schuld beizumessen lag natürlich noch weniger Grund vor, da die Methode der Silberfällung an Feinheit sicher von keiner Art des $\bar{U}$-Nachweises übertroffen wird. Dass bei der gewöhnlichen Methode der Harnsäurebestimmung mittelst Zusatz von Salzsäure nicht unerhebliche Mengen von $\bar{U}$ gelöst bleiben, die durch ammoniakalische Silberlösung leicht gefällt werden, ist durch Salkowski's Untersuchungen hinlänglich bekannt geworden. Ich kann aber ausserdem noch einen directen Beweis für die Genauigkeit der Silbermethode beibringen. Es gelang mir mit ihrer Hülfe eine kleine Menge sehr schöner Harnsäurekrystalle aus dem Blute eines durch Halsschnitt getödteten Hahnes darzustellen, während Meissner[1]) zu dem gleichen Zwecke das Blut von 10—18 Exemplaren verwenden musste und Pawlinoff[2]) bei der Untersuchung des Blutes von 13, resp. 20 und 41 Hühnern nur in dem ersten Falle ein positives Resultat erhielt. Die Harnsäure war allerdings, wie dies bei kleinen Mengen nicht selten vorkommt, mit in die schwefelsaure Lösung übergegangen, hatte sich aber nach 24stündigem Aufbewahren in der Kälte ausgeschieden. Es erhellt daraus, dass die letztgenannte Vorsichtsmaassregel sorgfältige Berücksichtigung verdient. Sie ist für alle zweifelhaften Fälle unerlässlich

1) Henle's und Pfeufer's Zeitschr. (3) XXXI, 144—223.
2) Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1873. Nr. 16.

und wurde auch bei der Untersuchung der Milz nicht ausser Acht gelassen.

Keine Schwierigkeiten bereitete dagegen der Nachweis des Hypoxanthins. Es wurde eine beträchtliche Menge der salpetersauren Silberverbindung dargestellt und zunächst die characteristische Beschaffenheit der mikroskopischen Krystallform constatirt; darauf wurde durch Zerlegen des Doppelsalzes mit H_2S das Hypoxanthin für sich gewonnen. Es stellte ein hellgelbliches, aus sehr kleinen mikroskopischen Krystallbüscheln zusammengesetztes Pulver dar, das sich leicht in Salpetersäure, ziemlich leicht auch in NH_3 löste. Beim vorsichtigen Eindampfen mit Salpetersäure entstand eine blassgelbe Färbung; der Rückstand zeigte die Krystallformen des salpetersauren Hypoxanthins.[1]) Beim Eintragen in ein Gemisch von Chlorkalk und Natronlauge trat keine Grünfärbung auf. — Die Menge des Hypoxanthins wurde zu 0·28 Grm. bestimmt.

Xanthin erhielt ich durch Zerlegung des Silbersalzes in geringer Menge als gelbe Krystallhaut. Die Gelbfärbung rührte jedenfalls von zu starker Einwirkung der Salpetersäure und dadurch bedingter Bildung eines Nitrokörpers her; ich habe sie niemals ganz vermeiden können.

Das Filtrat vom ersten Silberniederschlag der Xanthinkörper wurde nicht dem Schema entsprechend sofort auf Milchsäure geprüft, sondern erst eine andere Untersuchung vorangeschickt. Nach dem Entsilbern setzte nämlich die mässig eingedampfte Flüssigkeit im Verlauf einiger Tage eine dunkelgefärbte Krystallmasse ab. Diese wurde von der Mutterlauge getrennt, gut abgepresst und unter Zufügen von Thierkohle mit heissem Alkohol behandelt. Das Filtrat hinterliess beim Verdunsten eine blättrige Masse, mikroskopisch zusammengesetzt aus blassen fetttropfenähnlichen Kugeln, allem Anschein nach Leucin. — Der Rückstand von der Alkoholbehandlung löste sich leicht in NH_3. Die Lösung lieferte beim Verdunsten eine fast weisse, aus feinen mikroskopischen Nadelbüscheln zusammengesetzte Krystallmasse, deren Lösung beim Kochen mit saurem salpetersaurem Quecksilberoyxd einen rothen Niederschlag gab. Die Piria'sche Tyrosinprobe (Bildung von Tyrosinschwefelsäure) misslang zwar; indessen glaubte ich mit Rücksicht darauf, dass schon von anderer Seite gelegentlich ein Fehlschlagen dieser Reaction beobachtet worden ist, den Nachweis von Tyrosin auch ohne sie für genügend erachten zu dürfen. Das Gewicht des trocknen Tyrosins betrug 0·808 Grm.

Die vom Leucin und Tyrosin abgegossene Mutterlauge wurde äusserer Umstände halber erst mehrere Monate später auf Milchsäure verarbeitet und zwar mit negativem Erfolg.

---

1) Vgl. dieAbbildung bei Frey. (Das Mikroskop, Leipzig 1873, S. 280.

Der Grund lag möglicherweise in einer Zersetzung des in relativ starker Verdünnung aufbewahrten Präparats.

II. Blut.

A. Reines Blut aus dem Herzen und den Gefässen (1555 Cctm.) Die schmutzig himbeerrothe mit zahlreichen gelben wurstartigen Gerinnseln untermischte klumpige Masse wird 24 Stunden p. m. im Reibenapf zerquetscht und unter Zusatz von Essigsäure in siedendes Wasser eingetragen. Weitere Bearbeitung nach S. 763 ff.

Glutin wurde nicht gefunden, ebensowenig Harnsäure.

Die Menge des Hypoxanthins (aus dem Gewicht der schön krystallisirten salpetersauren Silberverbindung berechnet) betrug 0·116 Grm. Eine Zerlegung der letzteren zur Darstellung des Hypoxanthins wurde nicht vorgenommen.

Das Filtrat vom salpetersauren Silber-Hypoxanthin gab, mit NH_3 übersättigt, einen flockigen Niederschlag, vermuthlich Xanthinsilber.

Sehr reich war die Ausbeute an Milchsäure. Das nach S. 764 dargestellte milchsaure Zink, ein schneeweisses Pulver, wog 1·5 Grm., woraus sich ein Procentgehalt an Milchsäure von 0·064 ergiebt. Die mikroskopische Krystallform entsprach der von Hoppe-Seyler[1]) gegebenen Beschreibung; es waren wohlgebildete mitunter etwas bauchige vierkantige Säulen, theils isolirt, theils in Drusen angeordnet. Dazwischen kamen vereinzelte radiär angeordnete Nadelbüschel vor, von denen ich nicht zu entscheiden wage, ob sie die Zinkverbindung der von Salkowski erwähnten phosphorhaltigen Säure oder einfach eine andere Krystallform des milchsauren Zinks darstellten. Wahrscheinlicher ist mir letztere Annahme, da man bei schnellem Verdunsten das milchsaure Zink gar nicht selten in ähnlicher Form sich abscheiden sieht.

Um die Identität der Milchsäure sicher zu stellen, nahm ich eine Bestimmung des Krystallwassers und des Zinkgehaltes vor. Hierbei musste sich zugleich ergeben, ob es sich um Gährungs- oder Fleischmilchsäure handelte, da das Zinksalz der ersteren mit 3 Mol., das der letzteren mit 2 Mol. Krystallwasser krystallisirt.

	ZnO.	Krystallwasser.
Gefunden:	33·3 pCt. des wasserfreien Salzes	13·1 pCt.
Berechnet:	33·4 pCt. des wasserfreien Salzes	12·8 pCt. (F.)
		18·2 pCt. (G.)

Hiernach war die Gegenwart von Milchsäure und zwar von Fleischmilchsäure im Blut mit hinreichender Sicherheit bewiesen.

B. Blut mit Transsudatflüssigkeit vermengt. (1000 Cctm.) Gleichmässig graurothe gut coagulirte Masse. Beginn der

1) Handb. d. physiol.-chem. Analyse. 3. Aufl. S. 89.

Untersuchung 24 Stunden p. m.; Gang derselben wie oben. Gefunden wurden: Hypoxanthin in beträchtlicher Menge als salpetersaure Silberverbindung von der gewöhnlichen Krystallform; Xanthin in geringer Menge als gelbliche Krystallhaut.

Nicht gefunden wurden Glutin und Harnsäure. Auf Milchsäure wurde nicht untersucht.

III. Pericardialflüssigkeit. (210 Cctm.)

Helles, vollkommen klares Fluidum. Beginn der Untersuchung 10 Stunden p. m.

Von dem gewöhnlichen Gange wurde hier insofern abgewichen, als die ziemlich aussichtslose Untersuchung auf Harnsäure unterblieb. Der erste Silberniederschlag wurde deswegen nicht noch einmal mit H_2S zerlegt, sondern sofort in heisser Salpetersäure gelöst, natürlich nach sorgfältigem Auswaschen. Letztere Procedur machte übrigens wegen der schleimigen Beschaffenheit des Niederschlages grosse Schwierigkeiten; die Filtration stockte gleich zu Anfang. Ich setzte deswegen das nasse Filter in eine vielfache Schicht etwas grösserer Filter ein und liess, indem ich die äusseren Lagen des Filtrirpapiers jedesmal, wenn sie durchfeuchtet waren, durch neue ersetzte, eine ziemliche Menge Waschwasser hindurchsaugen.

Aus der heissen Salpetersäure krystallisirte das salpetersaure Silberhypoxanthin hier in makroskopischen Krystallen aus. Es waren wie gewöhnlich langgestreckte rhombische Prismen, die aber nicht zu Drusen, sondern nur zu kleineren Gruppen von 3—4 vereinigt waren. Die Zerlegung mit H_2S unterblieb der zu geringen Menge wegen.

Glutin wurde nicht aufgesucht, Milchsäure trotz vielfacher Bemühungen nicht gefunden.

IV. Urin.

Die Diurese des Pat. H. war meist etwas reichlicher als in der Norm, der Urin stets sauer, vom specifischen Gewicht 1014—1020, frei von Eiweiss. Häufig kamen reichliche Sedimente von reiner Harnsäure, untermischt mit harnsäuren Salzen zur Beobachtung.

Noch bei Lebzeiten des Kranken wurde der Harn zweimal auf Hypoxanthin resp. Milchsäure verarbeitet. Zuerst ergab die Untersuchung einer 5tägigen Quantität nach beiden Richtungen ein negatives Resultat. Bei der zweiten an einer gleichen Harnmenge vorgenommenen Untersuchung erhielt ich im Filtrat von der Harnsäure mit ammoniakalischer Silberlösung einen geringen Niederschlag, der sich in heisser HNO_3 löste und beim Erkalten ausfiel, jedoch nicht in Krystallen, sondern völlig amorph; einige äusserst spärliche Krystalle von dem Aussehen des salpetersauren Silber-Hypoxanthins waren beigemengt. Milchsäure fehlte auch diesmal vollständig.

Eine dritte nur auf das Hypoxanthin gerichtete Untersuchung wurde endlich post mortem an 9650 Cctm. in den letzten Lebenstagen gesammelten Urins ausgeführt. Auch hier trat an Stelle des krystallisirten salpetersauren Silber-Hypoxanthins ein amorpher mit vereinzelten Krystallen untermischter Körper auf. Er wurde mit H_2S zerlegt. Die schliesslich erhaltene Lösung des Xanthinkörpers trübte sich bald durch Ausscheidung makroskopisch leicht sichtbarer Nadeln.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass es sich hier um den von Salkowski beschriebenen hypoxanthinähnlichen Körper handelte. Die beiden Hauptkriterien, die amorphe Beschaffenheit der salpetersauren Silberverbindung und die makroskopische Krystallform des daraus dargestellten Xanthinkörpers, treffen zu. Leider gestattete, wie so oft bei Untersuchungen auf diesem Gebiet, die geringe Ausbeute keine regelrechte Prüfung.

Ebenso wie Salkowski haben wir eine hypoxanthinähnliche Substanz auch im nicht leukämischen Harn gefunden, die sich indessen von der seinigen wieder etwas unterscheidet. Wir werden darüber unten zu berichten haben.

Die Notizen über den zweiten Krankheitsfall verdanke ich der Güte meines Collegen am Krankenhause Hrn. Dr. Schlötke, in dessen Behandlung sich der Patient befand. Ich gebe hier einen kurzen Auszug des Journals.

Anamnese. H. F., ein 32jähriger früher gesunder Kellner, hat im Herbst 1874 an einem hartnäckigen Wechselfieber gelitten. Im Winter 74—75 bildet sich unter heftigen Schmerzanfällen eine Geschwulst hinter dem linken Rippenbogen, es treten Oedeme der Beine auf. Allmählich stellen sich Mattigkeit, Beklemmungen, Schwindel ein; der Tumor wächst rasch bei fortschreitender Abmagerung. Kurz vor der am 10. November 1875 erfolgten Aufnahme ins Krankenhaus öfters profuses Nasenbluten.

Stat. praes. Mittelgrosser Mann von bleicher Gesichtsfarbe; an den Beinen leichte Oedeme. Sehr bedeutende Vergrösserung der Milz und der Leber; erstere überschreitet nach rechts hin die Mittellinie. Keine Drüsenanschwellungen. Weisse Blutkörperchen enorm vermehrt. Urin trübe, sauer, 1025, kein Eiweiss.

In den nächsten Tagen bildet sich unter lebhaften Schmerzen ein Abscess an der Wade. Oefters mässiges Nasenbluten.

Am 20. November Abends erbricht Pat. plötzlich ca. 500 Cctm. dunkler blutiger Flüssigkeit, eine halbe Stunde später die gleiche Menge. Während der Nacht mehrere theerartige Stühle. Morgens 5 Uhr ergiesst sich aus dem Munde des Pat. plötzlich ein dicker Strahl hellrothen Blutes; Patient wird blass, pulslos und stirbt nach wenigen Minuten. Die Gesammtmenge der seit dem 20. Abends ausgeworfenen grossentheils rein blutigen Massen betrug ca. 5000 Cctm.

Section am 22. November 75. Obd. Dr. Kühnemann.

Anatomische Diagnose: Leucaemia lienalis. Hyperplasia permagna lienis et hepatis. Infarctus lienis. Gastritis chronica. Ulcus ventriculi cum arrosione arteriae permagnae. Oedema pulmonum. Anaemia cordis, renum, pulmonum ..... Sanguis in ventriculo ....

In Arbeit wurden genommen: 1,560 Cctm. graurothen dickflüssigen Blutes aus dem Herzen und den grossen Gefässen. 2,1485 Cctm. coagulirten, schmutzig-rothen, geruchlosen Blutes ohne jede Beimengung von Speiseresten, welche den Inhalt des strotzend gefüllten Magens gebildet hatten.

I. Blut aus den Gefässen (560 Cctm.) Glutin und Harnsäure wurden, wie in dem ersten Falle, nicht gefunden; dagegen konnte eine ziemliche Menge salpetersauren Silber-Hypoxanthins dargestellt werden. Die Ausbeute an Hypoxanthin, aus dem Trockengewicht des letzteren berechnet, belief sich auf 0·07 Grm. Bei der mikroskopischen Untersuchung fanden sich zwischen den regelmässig gebildeten Krystallbüscheln des salpetersauren Silber-Hypoxanthins Spuren einer amorphen gelblich gefärbten Substanz. Xanthin wurde in geringer Menge erhalten.

Aus dem Filtrat vom Silberniederschlage der Xanthinkörper gewann ich milchsaures Zink als schneeweisses, schönkrystallisirtes Pulver. Die Menge betrug 0·28 Grm. Es wurde eine Krystallwasserbestimmung vorgenommen, welche bewies, dass es sich auch hier um Fleischmilchsäure handelte (gefunden 12·8 pCt., gefordert 12·8 pCt.). Die Zinkbestimmung verunglückte zu meinem grossen Bedauern.

II. Blut aus dem Magen. (1485 Cctm.) Glutin wurde nicht gefunden, ebensowenig Harnsäure. Die Menge des Hypoxanthins betrug nur 0·05 Grm., was auf eine ziemlich starke Verdünnung des in den Magen ergossenen Blutes schliessen lässt. Das mikroskopische Verhalten der salpetersauren Silberverbindung stimmte mit dem für das reine Blut beschriebenen überein.

Auf Milchsäure wurde nicht untersucht, weil der Nachweis dieser Substanz in einer aus dem Magen stammenden Flüssigkeit doch nur von sehr zweifelhaftem Werth gewesen sein würde.

Eine vergleichende Zusammenstellung unserer Blutanalysen zeigt eine im Ganzen befriedigende Uebereinstimmung in den Resultaten. In beiden Fällen war mit Sicherheit Hypoxanthin nachgewiesen, in beiden Fällen die gleiche Modification der Milchsäure aufgefunden worden. Es erschien mir deswegen interessant, in einem Controlversuche am nicht leukämischen Blute zu prüfen, ob Hypoxanthin und Fleischmilchsäure als specifische Bestandtheile des leukämischen Blutes zu betrachten wären oder nicht. Abgesehen von einer älteren Angabe von Scherer ist über das Vorkommen von Hypoxanthin im nor-

malen resp. nicht leukämischen Blute bisher Nichts berichtet. Salkowski[1]) konnte aus Rinderblut nur „geradezu verschwindend kleine Mengen eines in Ammoniak unlöslichen (Silber)-Niederschlages“ darstellen und ist deswegen geneigt, bis auf Weiteres dem von ihm im leukämischen Blut nachgewiesenen Hypoxanthin eine gewisse Bedeutung beizumessen. Was die Milchsäure betrifft, so war zwar ihr gelegentliches Auftreten in normalem Blut und Transsudaten ziemlich sichergestellt, jedoch der specielle Nachweis von Gährungs- resp. Fleischmilchsäure hier ebensowenig wie am leukämischen Blut geführt worden.

Ein günstiger Zufall führte mir ein für diese Fragen sehr werthvolles Untersuchungsmaterial zu. Am 20. Februar 1876 wurde im städtischen Krankenhause bei dem an carcinomatöser Pleuritis leidenden Patienten B. wegen bedrohlicher Athemnoth die Thoracocentese vorgenommen. Es wurden etwa 3000 Cctm. einer Flüssigkeit gewonnen, die sich dem äussern Ansehen nach in Nichts von reinem Blut unterschied, unter dem Mikroskop nur dichtgedrängte rothe Blutkörperchen zeigte und von flockigen Beimengungen gänzlich frei war. Mein College am Krankenhause, Herr Dr. Fleischer, hatte die Güte, mir das von ihm nach andern Richtungen untersuchte Object zur weiteren Verwerthung zu überlassen, und fand ich so die Gelegenheit, an einer aus dem lebenden Körper stammenden, von reinem Blute wenig verschiedenen Flüssigkeit die mich interessirenden Fragen zu studiren.

Die Flüssigkeit war gleich nach der Punction ohne Zeitverlust enteiweisst, eingedampft und mit Alkohol extrahirt worden. Der nach dem Verdunsten des Alkohols gebliebene Rückstand wurde nun nach dem bereits mehrfach geschilderten Verfahren auf Hypoxanthin und Milchsäure untersucht.

Ich erhielt einen ziemlich reichlichen Niederschlag mit ammoniakalischer Silberlösung, der mit H_2S zerlegt wurde. Hierbei gingen leider durch einen unglücklichen Zufall fast $^4/_5$ des Präparats verloren. Der Rest, welcher keine Harnsäure enthielt, lieferte einen zweiten Silberniederschlag, der in heisser Salpetersäure gelöst beim Erkalten in mikroskopischen Krystallen sich ausschied. Die Krystallform glich anfangs nicht ganz der des salpetersauren Silber-Hypoxanthins; es kamen abnorm gestaltete, an den Enden umgebogene oder unter welligen Biegungen in eine feine Spitze auslaufende Exemplare vor. Einige Wochen später waren jedoch diese eigenthümlichen Formen verschwunden und an ihre Stelle die gewöhnlichen Krystallbüschel des salpetersauren Silber-Hypoxanthins getreten. Die quantitative Bestimmung der Substanz wurde durch den unvorhergesehenen Verlust vereitelt; die schliesslich erübrigte

1) A. a. O. S. 37.

Menge war zu gering, um eine weitere Zerlegung mit H_2S rathsam erscheinen zu lassen.

Die Untersuchung auf Milchsäure lieferte ein weisses Zinksalz von der bekannten, auch hier wieder sehr wohl ausgeprägten Krystallform. Die Menge des Salzes betrug 0·35 Grm., der Krystallwassergehalt 11·8 pCt., das Gewicht des Zinkoxyds 34·2 pCt. (letztere Zahl auf das Gewicht des bei 120° getrockneten Salzes bezogen). Ein Vergleich mit den durch die Rechnung geforderten Procentsätzen (s. oben) lehrt, dass es sich hier ebenso wie beim leukämischen Blut um Fleischmilchsäure handelte.

Anhangsweise sei hier noch erwähnt, dass auch unser mit Salkowski's Angaben übereinstimmender Befund am Harn des Leukämikers einer Controlprobe am nicht leukämischen Harn unterworfen wurde. Wir fanden in 6000 Cctm. nicht leukämischen Harns ebenfalls einen hypoxanthinähnlichen Körper, der hinsichtlich der amorphen Form seiner salpetersauren Silberverbindung mit Salkowski's Substanz übereinstimmte. Ein Unterschied bestand dagegen insofern, als der rein dargestellte Körper nicht in makroskopischen Krystallen, vielmehr völlig amorph aus seiner Lösung ausfiel und durch kein Mittel zum Krystallisiren zu bringen war. Wir müssen es dahingestellt sein lassen, ob dieser Differenz im Befunde ein besonderer Werth beizulegen ist.

Das Gesammtresultat der obigen Untersuchungen ist für die Annahme von specifischen Bestandtheilen im leukämischen Blut und Harn entschieden ein ungünstiges. Sowohl die Milchsäure als auch besonders das Hypoxanthin haben im nicht leukämischen Blut ihre Analoga gefunden. Für den Harn konnten Salkowski's gegen die Specificität sprechende Befunde bestätigt werden, wenn auch nicht mit Gewissheit, so doch mit grosser Wahrscheinlicheit. Weitere Untersuchungen müssen lehren, ob das Glutin des leukämischen Blutes, welches wir freilich in unsern beiden Fällen vermissten, mit grösserem Recht den Namen eines specifischen Bestandtheils beanspruchen darf. Neben dem Glutin verdienen die zuerst von Charcot im leukämischen Blute gefundenen, von Zenker[1]) kürzlich ausführlich besprochenen Krystalle, sowie das Reichardt'sche „Albukalin" die Aufmerksamkeit künftiger Forscher.

Deutlich genug sind die quantitativen Unterschiede im Milchsäure- und Hypoxanthingehalt des leukämischen und nicht leukämischen Blutes hervorgetreten. Das leukämische Blut enthielt an Milchsäure 0·064 resp. 0·050 pCt., das des Carcinomkranken nur 0·007. Was den Hypoxanthingehalt betrifft, so vermag ich denselben zwar für das nicht leukämische Blut mit Zahlen nicht zu belegen. Indessen war der Mehrgehalt des

1) Archiv f. klin. Med. Bd. XVIII. H. 1.

leukämischen Blutes zweifellos ein sehr bedeutender, meiner Schätzung nach der 5—10fache.

Von den Detailergebnissen möchte ich die wichtigeren noch einmal kurz berühren. Zunächst gehört hierher der Nachweis, dass aus dem Glutin der leukämischen Milz durch Kochen mit Schwefelsäure Glycocoll sich bildet. Es wird dadurch seine nahe Verwandtschaft mit dem gewöhnlichen Glutin bewiesen. Bemerkenswerth ist, dass das Glutin des leukämischen Blutes sich anders verhielt. Salkowski konnte aus ihm kein Glycocoll gewinnen und nahm, gleichzeitig gestützt auf den von Gorup-Besanez[1]) constatirten Mangel der optischen Wirksamkeit, an, dass es sich um einen eigenthümlichen, vom gewöhnlichen Glutin verschiedenen Körper handeln müsse.

Nächstdem ist der Nachweis von Hypoxanthin im nicht leukämischen Blute zu erwähnen, der früher noch nicht mit genügender Schärfe geführt worden war, jetzt aber durch die Krystallform und die Löslichkeitsverhältnisse der salpetersauren Silberverbindung wohl gesichert erscheint. Freilich besteht ein Bedenken gegen die Verallgemeinerung meiner Beobachtung. Es ist die Frage, ob man berechtigt ist, einen rein blutigen Pleuraerguss von einem unter dem Einfluss heftiger Dyspnöe stehenden Individuum in chemischer Beziehung normalem Blut gleichzusetzen. Was mich bestimmte, trotz dieser Bedenken die Flüssigkeit für meine Untersuchungen zu verwenden, war die Erwägung, dass ich auf andere Weise schwerlich jemals in den Besitz einer so grossen Menge Blut vom lebenden Individuum gelangen würde. Für eine Wiederholung der Untersuchung würde ich indess selbst gesammeltes Aderlassblut von gesunden Personen vorziehen.

Von allgemeinerem Interesse ist endlich der durch Krystallwasserbestimmung und Analyse der Zinksalze geführte Nachweis von Fleischmilchsäure im Blut. Es ist zu vermuthen, dass sie aus den Muskeln, ihrer seit langer Zeit bekannten Bildungsstätte ausgewaschen und im Blute bis auf geringe Reste rasch zerstört werde, dagegen unter pathologischen Verhältnissen, besonders bei gehemmter Oxydation zu relativ grossen Mengen sich ansammeln könne. Etwas auffallend erscheint unserem Befunde gegenüber eine Beobachtung von Gscheidlen,[2]) nach welcher die saure Reaction der Grosshirnrinde nicht durch Fleischmilchsäure, sondern durch Gährungsmilchsäure bedingt ist.

Für den speciellen Zweck dieser Untersuchungen war es von Belang, dass die Identität der im nicht leukämischen Blute vorkommenden Milchsäure mit der des leukämischen Blutes festgestellt werden konnte.

Schliesslich hebe ich als Bestätigung eines bisher wenig beachteten interessanten Befundes den Nachweis des hypo-

---

1) A. a. O.

2) Pflüger's Archiv. Bd. VIII. 1873.

xanthinähnlichen Körpers im leukämischen Harn hervor. Ich zweifle nicht, dass man bei Verarbeitung sehr grosser Urinmengen zu einer genaueren Kenntniss dieses, vielleicht sogar noch anderer unbekannter Xanthinkörper gelangen werde. Unter allen Umständen kann demjenigen, der sich dieser freilich etwas mühseligen Aufgabe unterziehen will, die Silbermethode als sehr brauchbar empfohlen werden.

Die vorstehenden Untersuchungen sind theils im städtischen Krankenhause, theils im chemischen Laboratorium des Anatomiegebäudes ausgeführt worden.

Einige Bemerkungen über die Injection von Leichen.

Von

Dr. L. Stieda,

o. Professor der Anatomie in Dorpat.

Bekanntlich injicirt man zum Zweck des Studiums und des Unterrichts die Blutgefässe von Leichen oder Leichentheilen mit farbigen Massen. Kaltflüssige Mischungen, wie z. B. die von Shaw, von Weber und anderen Anatomen angegebenen werden verhältnissmässig selten gebraucht, obgleich zu ihrer Anwendung die Leiche oder die Leichentheile nicht besonders vorbereitet werden müssen. — Gewöhnlich wird seit Swammerdamm eine erwärmte und in der Kälte erstarrende Wachsmischung in Gebrauch gezogen. Es verlangt aber die Wachsmischung eine gehörige Durchwärmung der Leiche oder der Leichentheile, wenn die Injection in gehöriger Weise gelingen soll (Hyrtl, Handbuch der practischen Zergliederungskunst, Wien 1860, S. 617). Das Erwärmen geschieht durch Eintauchen der betreffenden Leichen oder Leichentheile in heisses Wasser. Diese Anwendung der feuchten Wärme hat grosse Nachtheile: die zeitweilige Erhitzung befördert die Fäulniss der Leichentheile in bedeutendem Grade; zugleich findet eine Durchtränkung der Oberhaut mit Wasser statt und in Folge davon eine solche vollständige Maceration, dass die Epidermis sich in grossen Fetzen ablöst, die entblösste Cutis aber eintrocknet und der Präparation grosse Schwierigkeiten bereitet.

Um die hervorgehobenen Nachtheile der Anwendung der feuchten Wärme zu vermeiden, habe ich seit Jahren die trockene Wärme mit Erfolg benutzt. Das dabei anzuwendende Verfahren habe ich bereits im Jahre 1870 in diesem Archiv mitgetheilt. (Eine Notiz über die Injection von Leichen S. 753 u. 754.) So weit es mir bekannt geworden, hat die empfohlene Methode keine Nachahmung gefunden, — aus dem einfachen Grunde, weil derartige kolossale Oefen mit Nischen,

dass sie sich zur Erwärmung von Leichen eigneten, nur hier im Norden zu finden sind und weil man keine Lust hatte, besondere Heizapparate, welche die Anwendung der trocknen Wärme erlaubte, zu bauen. —

Allein auch bei der von mir empfohlenen Anwendung der trocknen Wärme bleibt der durch die Erwärmung bedingte Nachtheil der Beschleunigung der Fäulniss. Ich suchte daher nach einer Methode, welche den Gebrauch der üblichen Wachsmasse ohne vorhergegangene Erwärmung der Leiche zulässt.

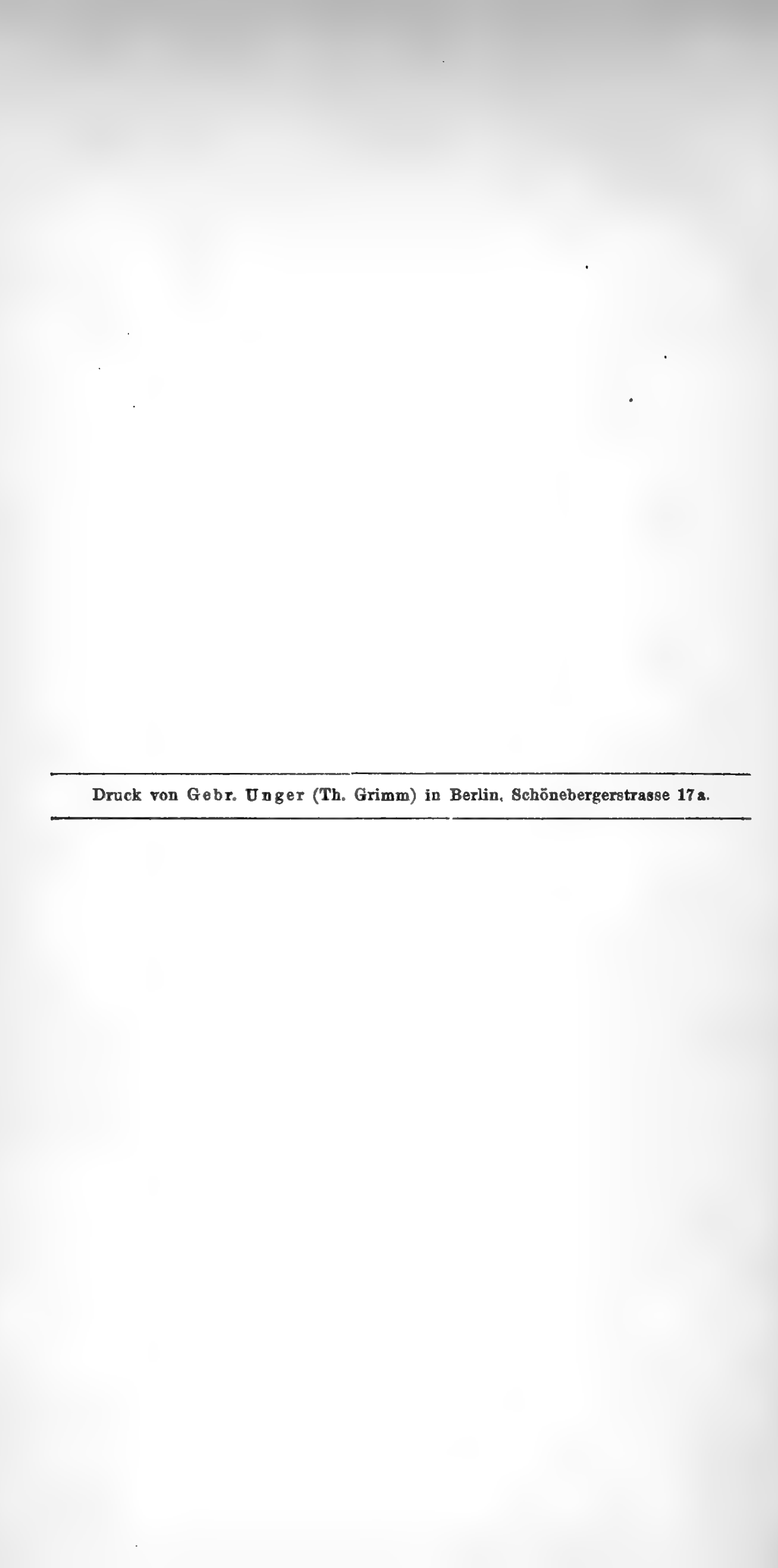
Eine solche Methode besteht in Folgendem:

In die Gefässe der Leiche oder der Leichentheile wird zuerst ein Gemisch von Carbolsäure, Spiritus, Glycerin und Wasser gespritzt. Ich nehme 1 Pfund Carbolsäure, 1 Pfund Spiritus, 1 Pfund Glycerin und 17 Pfund Wasser; zur Injection einer ganzen unversehrten Leiche gebrauche ich bis 15 Pfund der Mischung, zur Injection einer Leiche, deren Eingeweide entfernt sind, 10 Pfund, zur Injection einzelner Theile entsprechend weniger Flüssigkeit. Die so injicirte Leiche lasse ich 24 Stunden in gewöhnlicher Zimmertemperatur und dann injicire ich in gewöhnlicher Weise die übliche Wachsmischung (Wachs, Talg, Oel und Terpenthin, gefärbt durch Zinnober). Ich achte dabei insbesondere darauf, dass die Mischung recht heiss und flüssig ist, und die Injection möglichst schnell ausgeführt wird.

Die Injection gelingt sehr leicht, und man erhält für den Präparirsaal völlig ausreichende Resultate: es füllen sich sehr kleine Hautäste und die kleinen Arterien der Finger und der Zehen. Ich erkläre mir das leichte Zustandekommen der Injection dadurch, dass die vorausgeschickte Carbolsäurelösung die Arterien dilatirt und daher für die nachfolgende Wachsmischung leichter durchgängig macht. Dass man dazu ausschliesslich Carbolsäure und zwar in dem oben angegebenen Verhältniss gebrauchen muss, ist keineswegs meine Ansicht. Jede beliebige Flüssigkeit wird dieselbe Aufgabe erfüllen. Ich benutze seit Jahren die Carbolsäure in der angezeigten Lösung, um die Leichen vor zu schneller Fäulniss zu bewahren, nach mancherlei Experimenten bin ich bei jenem oben angegebenen Verhältniss stehen geblieben. Es liessen sich gewiss auch andere fäulnisswidrige Stoffe in ähnlicher Weise benutzen. (Salicylsäure, Thymolsäure.)

Da die hiermit beschriebene Methode der Injection einer erwärmten Wachsmischung ohne vorhergehende Erwärmung der Leichen gar keine Schwierigkeiten macht, so empfehle ich sie allen Fachgenossen zur Nachahmung.

Dorpat, den 17. bis 29. October 1876.



Druck von Gebr. Unger (Th. Grimm) in Berlin, Schönebergerstrasse 17a.





